



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

## ÚSTAV KONSTRUOVÁNÍ

INSTITUTE OF MACHINE AND INDUSTRIAL DESIGN

## DESIGN ELEKTRONICKÉ LIBELY

DESIGN OF ELECTRONIC SPIRIT LEVEL

### BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

### AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Eva Eliášová

### VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Dana Rubínová, Ph.D.

BRNO 2018



# Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav konstruování  
Studentka: **Eva Eliášová**  
Studijní program: Aplikované vědy v inženýrství  
Studijní obor: Průmyslový design ve strojírenství  
Vedoucí práce: **Ing. Dana Rubínová, Ph.D.**  
Akademický rok: 2017/18

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č. 111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

## Design elektronické libely

### Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Elektronická libela je přesným měřicím přístrojem určeným do prostředí dílen a laboratoří. Umožňuje ustavení plochy do vodorovné polohy a měření odchylek od této polohy. Součástí přístroje je displej umožňující odečítání dat ve stupních nebo procentech. Design stávajících přístrojů je většinou těžkopádný, postrádá vyšší úroveň kultivace v souladu s charakterem přístroje.

Typ práce: vývojová - designérská

### Cíle bakalářské práce:

Hlavním cílem práce je návrh koncepčního designu elektronické libely. Základním materiálem přístroje bude kov s možností doplnění plastem, předpokládá se sériová výroba, cílovou skupinou budou pracovníci v dílnách a laboratořích.

Dílčí cíle bakalářské práce:

- studium procesu měření elektronickými libelami s cílem identifikace problematických oblastí,
- užití technologie bezdrátového přenosu dat,
- umožnění odečítání i ve špatně přístupných místech,
- tvarování vycházející z funkce i prostředí použití,
- prokázání funkčnosti, ergonomičnosti i realizovatelnosti návrhu.

Požadované výstupy: průvodní zpráva, sumarizační poster, fotografie modelu, fyzický model.

Rozsah práce: cca 27 000 znaků (15 - 20 stran textu bez obrázků).

Struktura práce a šablona průvodní zprávy jsou závazné:

[http://dokumenty.uk.fme.vutbr.cz/BP\\_DP/Zasady\\_VSKP\\_2018.pdf](http://dokumenty.uk.fme.vutbr.cz/BP_DP/Zasady_VSKP_2018.pdf)

### Seznam doporučené literatury:

DREYFUSS, Henry. Designing for people. New York: Allworth Press, 2003. ISBN 1581153120.

LIDWELL, William. a Gerry. MANACSA. Deconstructing product design: exploring the form, function, usability, sustainability, and commercial success of 100 amazing products. Beverly, Mass.: Rockport Publishers, c2009. ISBN 1592533450.

MATYÁŠ, Vladislav. Elektronické měřicí přístroje. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1981.

NORMAN, Donald A. Emotional design: why we love (or hate) everyday things. New York: Basic Books, 2005. ISBN 0-465-05136-7.


PELCL, Jiří. Design: od myšlenky k realizaci = from idea to realization. V Praze: Vysoká škola uměleckoprůmyslová v Praze, c2012. ISBN 978-80-86863-45-0.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2017/18.

V Brně, dne 24. 10. 2017

  
\_\_\_\_\_  
prof. Ing. Martin Hartl, Ph.D.  
ředitel ústavu



  
\_\_\_\_\_  
doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.  
děkan fakulty

## **ABSTRAKT**

---

Tématem této bakalářské práce je design elektronické libely. Cílem práce je navrhnout přístroj, který bude splňovat veškeré technické, ergonomické a estetické požadavky. Práce se zabývá analýzou současných produktů, konstrukčními a technologickými parametry a následně popisuje výsledné řešení včetně příslušenství.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

---

Elektronická libela, vodováha, měření sklonu, design

## **ABSTRACT**

---

The theme of this bachelor thesis is the design of electronic libel. The aim of the thesis is to design a device that will meet all technical, ergonomic and aesthetic requirements. The work deals with the analysis of current products, construction and technological parameters and subsequently describes the resulting solution including accessories.

## **KEYWORDS**

---

Electronic libel, spirit level, tilt measurement, design



## **BIBLIOGRAFICKÁ CITACE**

---

ELIÁŠOVÁ, E. *Design elektronické libely*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2018. 57 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Dana Rubínová, Ph.D.





## PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI PRÁCE

---

Prohlašuji, že jsem svou bakalářskou práci na téma Design elektronické libely pod vedením Ing. Dany Rubínové Ph.D. vypracovala samostatně s využitím zdrojů, které jsou řádně uvedené v seznamu literatury.

.....  
V Brně dne

.....  
podpis



## PODĚKOVÁNÍ

---

Chtěla bych především poděkovat své vedoucí práce paní Ing. Daně Rubínové, Ph.D. za její cenné rady a připomínky. Dále bych chtěla poděkovat své rodině za podporu při studiu.



## OBSAH

<b>1 ÚVOD .....</b>	<b>15</b>
<b>2 PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ.....</b>	<b>16</b>
2.1 Designérská analýza .....	16
2.1.1 Elektronická vodováha STABILA typ 196-2 .....	17
2.1.2 Strojní rámová vodováha Mitutoyo .....	17
2.1.3 Přesná úhlová vodováha TESA .....	18
2.1.4 Elektronická vodováha TESA NIVELTRONIC .....	18
2.1.5 BlueSYSTEM .....	19
2.1.6 Celkové hodnocení .....	19
2.2 Technická analýza .....	20
2.2.1 Popis přístroje .....	21
2.2.2 Princip snímání polohy .....	21
2.2.3 Technologie výroby a materiály .....	22
2.2.4 Napájení a přenos dat .....	22
2.2.5 Podpurný zajišťovací systém .....	23
<b>3 ANALÝZA PROBLÉMU A CÍL PRÁCE .....</b>	<b>24</b>
3.1 Analýza problému.....	24
3.2 Cíl práce.....	24
<b>4 VARIANTNÍ STUDIE DESIGNU .....</b>	<b>26</b>
4.1 Varianta č. 1.....	26
4.2 Varianta č. 2.....	27
4.3 Varianta č. 3.....	28
4.4 Shrnutí variantních návrhů .....	28
<b>5 TVAROVÉ ŘEŠENÍ .....</b>	<b>29</b>
5.1 Příslušenství.....	31
<b>6 KONSTRUKČNĚ TECHNOLOGICKÉ A ERGONOMICKÉ ŘEŠENÍ.....</b>	<b>32</b>
6.1 Konstruktivně technologické řešení.....	32
6.1.1 Popis přístroje .....	32
6.1.2 Příslušenství.....	35
6.1.3 Použité materiály .....	37
6.2 Rozměrové řešení .....	38
6.3 Ergonomické řešení .....	40
6.3.1 Pouzdro s madlem .....	40
6.3.2 Displej s tlačítky .....	42
6.3.3 Dioda .....	42
6.3.4 Příslušenství.....	43
<b>7 BAREVNÉ A GRAFICKÉ ŘEŠENÍ .....</b>	<b>44</b>
7.1 Barevné řešení .....	44
7.2 Grafické řešení.....	46
7.2.1 Technologická sada .....	46
7.2.2 Logotyp.....	47
<b>8 DISKUZE .....</b>	<b>49</b>
8.1 Psychologická funkce .....	49
8.2 Sociální funkce .....	49
8.3 Ekonomická funkce .....	49
<b>9 ZÁVĚR .....</b>	<b>50</b>

---

<b>SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ .....</b>	<b>51</b>
<b>SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK, SYMBOLŮ A VELIČIN .....</b>	<b>53</b>
<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>54</b>
<b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>	<b>55</b>
<b>ZMENŠENÝ POSTER.....</b>	<b>56</b>
<b>FOTOGRAFIE MODELU.....</b>	<b>57</b>

## 1 ÚVOD

---

**1**

Metrologie je jedna z nejdůležitějších disciplín, která se zabývá měřením technických a fyzikálních veličin. Podstatné jsou nejen samotné stroje, ale také zařízení nutná pro jejich kontrolu.

Při výrobě a následném užívání strojního nářadí a strojů je důležité zachovávat jejich správnou geometrii pro jejich budoucí funkčnost a životnost. Metrologové a technici pro měření malých úhlů a náklonů využívají nejmodernější měřicí přístroje s vysokou citlivostí a přesností. Mohou tak bezpečně a s malou chybovostí kontrolovat stav strojů pro jejich přesnou a spolehlivou funkci. V případě opakovaného měření mohou technici zjistit vývoj stavu zařízení a tím včas odhalit vadu a navrhnout případnou opravu. Díky těmto včasným kontrolám a zásahům dochází k zefektivnění výrobního systému i zlevnění potenciálních nákladů na opravy či výměny strojních částí.

Ve své práci se věnuji elektronickým libelám neboli vodováhám, které se využívají hlavně pro velmi přesná měření rovinnosti povrchů nebo na měření geometrie strojního nářadí. Libela umožňuje také měření rovnoběžnosti, kolmosti, sklonu, zkroucení a malých úhlů. Vyhodnocování naměřených hodnot je možné pomocí celé řady softwarů vyvinutých pro dané aplikace. Programy v počítačích umožňují sběr a ukládání dat, ke kterým se mohou pracovníci kdykoli vrátit a porovnat naměřené údaje. Elektronické libely lze využívat nejen v laboratořích, ale také v různých náročných pracovních prostředích, např. přímo v provozních zařízeních či ve venkovních prostorech. Nejmodernější libely nabízí možnost relativního nebo absolutního měření jedním přístrojem či kombinací dvou měřících jednotek s využitím externí zobrazovací jednotky. Tím je umožněno více způsobů měření, které vyhovují dané situaci a problému.

Vzhledem k důležitosti elektronické libely je pro mou práci podstatné využití nejmodernějších technologií pro ještě větší zefektivnění práce s tímto přístrojem.

## 2 PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ

Dle dostupných zdrojů už staří Římané používali vodou plněné nádrže jako primitivní vodováhy pro stavbu svých akvaduktů. Studium hladiny vody v nádobě mohli zjistit, zda je základna zcela plochá nebo pod úhlem. V roce 1661 francouzský vědec Melchisédech Thévenot vynalezl vodováhu, kterou dnes známe jako bublinkovou viz (Obr. 2-1). K rozšíření tohoto vynálezu došlo až na počátku 18. století. Do té doby stavitelé používali místo vodováhy lahve s vodou. Dnes se do bublinkové vodováhy místo vody používá alkohol nebo olej. [1]



Obr. 2-1 Historická vodováha [2]

Později začaly vznikat elektronické libely, které snímají přesnou polohu bubliny. Pro přesné měření se využívají přístroje se zabudovaným gravitačním kyvadlem, jehož konkrétní polohu snímají snímače.

### 2.1 Designérská analýza

V dnešní době se na trhu objevují rozmanité typy vodováh. Liší se svojí přesností, účelem použití i cenou. Obecně jsou vodováhy rozlišeny do různých oborů, převážně stavebnictví a strojírenství. Ve stavebnictví se používají klasické bublinkové vodováhy s elektronickým vyhodnocením s přesností kolem 0,5 mm/m. Pro tento obor je to dostačující. Ve strojírenství je většinou nutná větší přesnost. Klasické rámové strojní vodováhy dosahují přesnosti 0,01 mm/m. Tyto uvedené přesnosti znamenají odchylku od roviny v délce 1 m. Používají se pro ustavení strojních celků, jako např. pro obráběcí stroje, turbíny, generátory apod. Vodováhy jsou uzpůsobeny pro různé aplikace. Pro měření svislosti a rovinnosti rotačních válcových těles (např. hřídelů) se využívají vodováhy s prizmatickou základnou. Pro upínání na svislé plochy některých součástí se využívají vodováhy s magnety.

Tvarové řešení těchto měřících přístrojů je velmi jednoduché a sleduje hlavně funkci a snazší výrobu.



### 2.1.1 Elektronická vodováha STABILA typ 196-2

Digitální vodováhu typu 196-2 viz (Obr. 2-2) vyrábí německá firma STABILA. Vodováha se využívá hlavně ve stavebnictví a skládá se z jedné horizontální a dvou vertikálních libel s přesností měření 0,5 mm/m. Má ochranu IP 65, což znamená že je odolná proti dešti a prachu. [3] Je vhodnou volbou na měření do venkovních prostor. Na libelách se nachází dva digitální displeje, které jsou čitelné i při obrácené poloze.

Dobrým ergonomickým prvkem je otvor pro uchopení hlavní libely. Nemůže tak dojít k nechtěnému stisknutí jakéhokoli tlačítka. Tvarové řešení je umírněné a sleduje funkci zařízení. Barevnost je vhodná pro tento typ vodováhy. Žlutá barva vždy upoutá a usnadňuje pracovníkovi její hledání např. ve venkovním prostředí. Ovládací tlačítka pro displej jsou podle mého názoru málo výrazná.



Obr. 2-2 Elektronická vodováha STABILA [3]

### 2.1.2 Strojní rámová vodováha Mitutoyo

Rámovou vodováhu s přesností 0,01 mm/m viz (Obr. 2-3) vyrábí americká firma Mitutoyo. Slouží pro vyrovnání horizontálních a vertikálních ploch na přesných strojích. Má dvě prizmatické a dvě rovné dosedací plochy. [4] Nejvíce se tato vodováha od ostatních odlišuje svou barevností. Tyrkysová barva je estetická a kontrastuje s typickou šedou barvou ocelových součástí. Opomíjena je ergonomie. Na všech stranách jsou ostré hrany, které jsou pro uchopení nepříjemné.



Obr. 2-3 Strojní rámová vodováha Mitutoyo [4]

### 2.1.3 Přesná úhlová vodováha TESA

Úhlová vodováha TESA viz (Obr. 2-4) se vyrábí s přesností 0,02 mm/m a 0,05 mm/m. Má dvě prizmatické měřicí plochy. Umožňuje měření v horizontální i vertikální poloze díky pevným magnetickým vložkám. Výhodou je kvalitní dřevěná rukojeť, která eliminuje přenos tepla při ruční manipulaci. [5] Design je zde bohužel zastaralý, estetická stránka přístroje není příliš řešena. Celkový tvar trojúhelníku vychází ze dvou měřících ploch a rukojeti. Rukojeť se dá dobře obejmout celou rukou, proto je případná manipulace snazší a pohodlnější.



Obr. 2-4 Přesná úhlová vodováha TESA [5]

### 2.1.4 Elektronická vodováha TESA NIVELTRONIC

Elektronická vodováha TESA s analogovým displejem a integrovaným galvanometrem viz (Obr. 2-5) se vyrábí s přesností 0,05 mm/m a 0,01 mm/m. Používá se hlavně na vyrovnání dílů velkých rozměrů. Má dvě prizmatické plochy pro měření válcových dílů. Rovinnost je určena pomocí indukčního měřicího systému s gravitačním kyvadlem. [6] Celkový design přístroje působí zastarale. Použité barvy jsou nevýrazné. Dobrým prvkem je ergonomický úchyt, který u těchto typů vodováh často chybí.



Obr. 2-5 Elektronická vodováha TESA NIVELTRONIC [6]

### 2.1.5 BlueSYSTEM

Nejnovějšími a zároveň nejpřesnějšími přístroji na trhu jsou měřicí přístroje v technologické sadě BlueSYSTEM viz (Obr. 2-6), které vyrábí švýcarská firma Wyler. Tato sestava obsahuje dvě elektronické libely BlueLEVEL, indikační jednotku BlueMETER a infra ovladač ke spouštění přenosu dat. Veškerá naměřená data lze ukládat a vyhodnocovat v programu WYLER LEVELSOFT PRO. Přenos dat je umožněn pomocí bezdrátové technologie Bluetooth. Všechny přístroje z této sady jsou napájeny standardními alkalickými bateriemi 1,5 V typu C, což dovoluje práci v terénu na zařízení bez zdroje elektrické energie. Umožňuje měření s přesností 0,001 mm/m. [7]

Tvarové řešení všech přístrojů vychází z jednoduché geometrie, což zjednodušuje výrobu. Vhodným ergonomickým prvkem je otočný LCD displej, který umožňuje čtení hodnot v jakékoli měřicí poloze. Použité barvy na tělo měřících jednotek a jejich tlačítek jsou pestré a upoutají pozornost. Vzhledově přístroj vypadá spíše jako dětská hračka, což je u tohoto typu přístroje nežádoucí. Celkově design přístrojů působí nekompaktně a těžkopádně. Špatná je zde i ergonomie. Elektronická libela vzhledem ke své větší hmotnosti a častému přenosu nemá žádnou část uzpůsobenou pro její držení. Tlačítka na přístrojích jsou v úrovni hlavní plochy a z tohoto důvodu je není snadné identifikovat a zmáčkout. Navíc může dojít při manipulaci k nežádoucímu sepnutí tlačítka a tím změnit nechtěně funkci přístroje.



Obr. 2-6 BlueSYSTEM [7]

### 2.1.6 Celkové hodnocení

V dnešní době se na trhu nenachází mnoho přesných elektronických libel. Z důvodu malé konkurence se výrobci příliš nezabývají designem. Přístroje jsou většinou neestetické, působí zastarale a nekompaktně. Barevnost zde bývá velmi strohá nebo naopak přehnaná. Často bývá opomínána ergonomie, která ustupuje snazší výrobě. Tvarování vychází z jednoduché geometrie, antropomorfní motivy se v této oblasti prakticky nevyskytují.

## 2.2 Technická analýza

Elektronická libela je přístroj, který slouží především pro měření sklonu s velkou přesností až 0,001 mm/m. Může být použit samostatně nebo se zobrazovačem a ovladačem pro přenos dat. Výhodou přístroje a jeho příslušenství je jeho mobilita s možností provádět měření ve špatně dostupných místech velkých energetických zařízení a na různých částech strojírenských zařízení. Aplikace je zaměřena na měření přímosti, rovnoběžnosti, kolmosti, sklonu, zkroucení a malých úhlů. Využívá se především na ustavení velkých přesných celků strojů, kontroly přesnosti strojního nářadí apod.

Kombinace měření umožňují provádět kontroly a ustavení na:

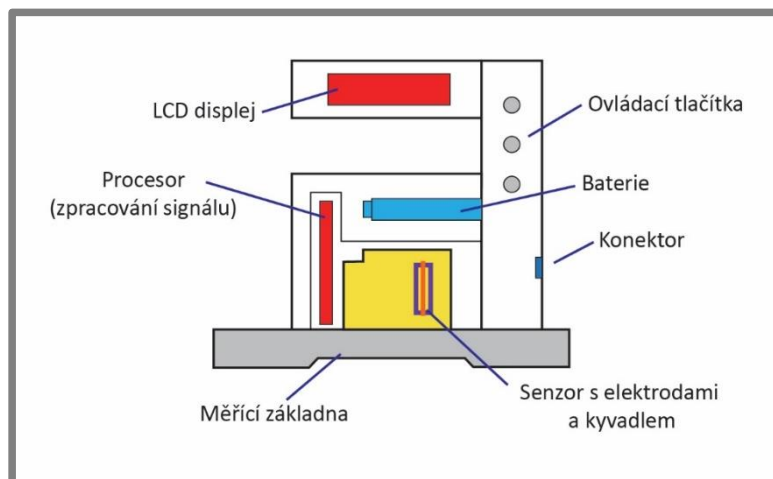
- vodících drahách obráběcích strojů
- osách rotace, kde se dá stanovit kolmost mezi povrchem stolu a svislým rotujícím vřetenem
- měření rovinnosti a stanovení polohy kruhu v prostoru, např. měření polohy spojek velkých hřídelů.

U libel vybavených prizmatickou základnou je důležitá malá bublinková vodováha na horní části pouzdra. Využívá se především pro měření polohy svislých hřídelů. Přesné nastavení na bublinkovou vodováhu je důležité pro výsledek měření. Jedná se o vizuální kontrolu polohy libely pro následné měření elektronickým systémem přístroje.

Výhodou přístroje je možnost kalibrace pro absolutní a relativní měření. Absolutní měření je odchylka od absolutně vodovné polohy s ohledem na gravitační pole Země. Kalibrace se provádí pomocí reverzního měření, tzn. otočení váhy o 180 ° bez zvednutí z měřicí plochy, přístroj se nakalibruje na střední odchylku. Relativní měření lze využívat pro porovnání dvou různých poloh, např. při kontrole rovnoběžnosti. Přístroj umožňuje vlastní nastavení nuly. Pro porovnání více poloh ve stejném čase je možno provádět diferenční měření pomocí zapojení dvou libel do jedné externí zobrazovací jednotky. [12, 13]

### 2.2.1 Popis přístroje

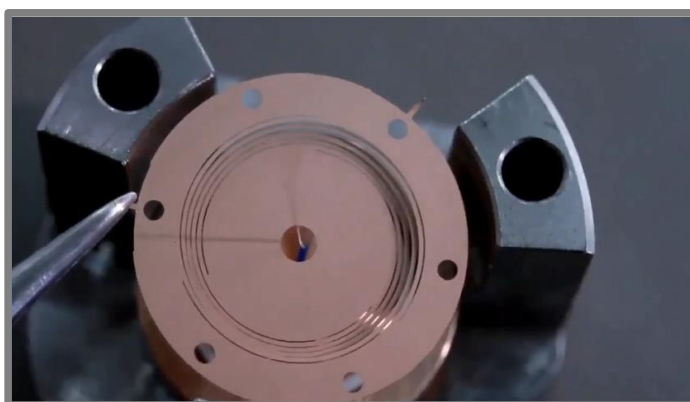
Elektronická libela se skládá z měřicí základny, pouzdra a otočného LCD displeje viz (Obr. 2-7). Uvnitř pouzdra se nachází senzor s elektrodami a kyvadlem, baterie a procesor pro zpracování signálu. Na pouzdře lze najít ovládací tlačítka, LED indikátory funkcí, kryt baterií a konektor pro připojení kabelu. [8]



Obr. 2-7 Schematický popis přístroje

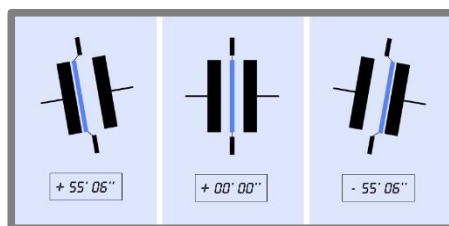
### 2.2.2 Princip snímání polohy

Elektronické libely s kapacitním měřicím systémem jsou založeny na principu snímání polohy disku s kyvadlovými vlastnostmi viz (Obr. 2-8). Tento kyvadlový disk s hmotností menší než 1 g je zavěšen na spirálové pružině a namontován bez tření mezi dvěma elektrodami ve stíněném a prachotěsném prostoru. Do těchto dvou elektrod je dodávána dvoufázová frekvence 4,8 kHz, která společně s kyvadlovým diskem vytváří diferenciální kondenzátor. V závislosti na nakloněné poloze systému se kyvadlo vykloní z nulové polohy a tím změní kapacitu mezi kyvadlem a dvěma elektrodami viz (Obr. 2-9). Tyto kapacity jsou transformovány do různých frekvencí pomocí RC-oscilátoru. Poměr obou dostupných frekvencí je použit jako primární signál pro detekci měřeného úhlu. Tento systém je patentován ve většině zemí. [9, 10]



Obr. 2-8 Disk pro snímání polohy [11]

Vzhledem k dokonalé rotační symetrii snímače má sklon kolmice k měřicí ose zanedbatelný vliv na měření, dokonce i při měření nad hlavou. Stíněný snímač a kapacitní měřicí princip činí systém nepropustný pro magnetické a elektrické pole. V ideálním případě je mechanické tlumení kyvadlových pohybů prováděno plyny, obvykle vzduchem. Změna viskozity plynů v teplotním rozmezí mezi  $(-40 \text{ až } +80)^\circ\text{C}$  je okrajová. Proto je tlumení plyny lepší než tlumení jinými látkami, jako jsou například kapaliny. Implementovaná kalibrační křivka uložená v hlavě snímače umožňuje snadnou kalibraci a vede k vynikajícím výsledkům měření i při použití velkých sklonů. Díky tomuto kyvadovému systému byly dosaženy velmi přesné výsledky měření s krátkými reakčními časy. [9, 10] Z dostupných zdrojů se jedná o nejpřesnější určení horizontální a vertikální polohy na trhu.



Obr. 2-9 Disk s elektrodami [9]

### 2.2.3 Technologie výroby a materiály

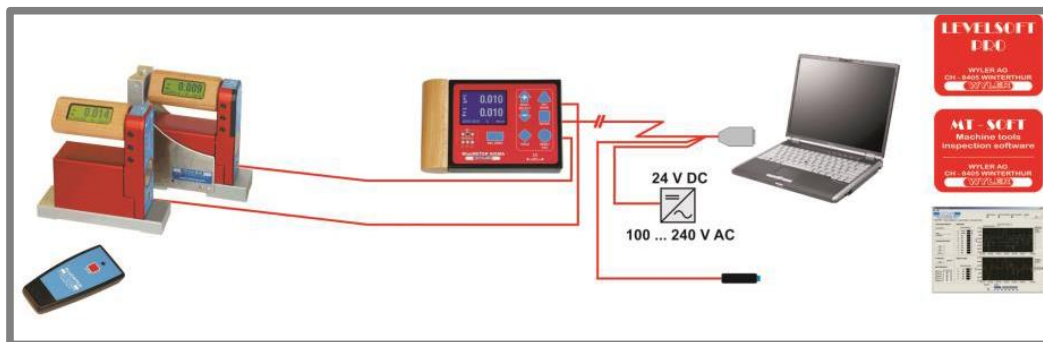
Firma Wyler vyvinula technologii pro aplikaci přístrojů do těch nejtěžších podmínek, jako je vysoká vlhlost a extrémní teplota. Senzory pro snímání polohy jsou naplněny speciálním plynem a vzduchotěsně uzavřeny laserovým svařováním. [8]

Měřicí základna je převážně vyrobena z šedé litiny, kontaktní plochy jsou ručně zaškrabány a ostatní plochy poniklovány. V některých případech mohou být do základny implementovány magnetické vložky. Rukojeť je vyrobena ze dřeva kvůli tepelné izolaci. Vnější pouzdro je oplastováno. [14]

### 2.2.4 Napájení a přenos dat

Z důvodu mobility jsou přístroje napájeny bateriemi typu C. Vybití baterie je indikováno v LCD displeji libely, což umožňuje včasné vyměnění baterie a zamezení ztráty naměřených hodnot.

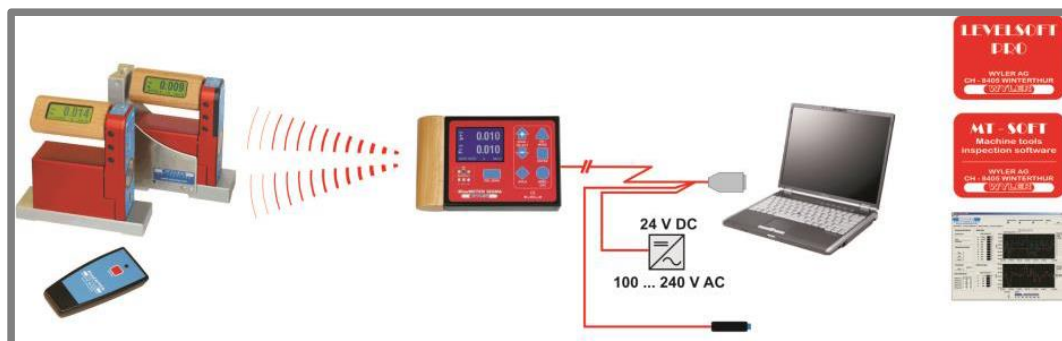
Komunikace z měřicího přístroje k externímu zobrazovači a následně k PC je umožněna pomocí dvou způsobů. První možností je přenos dat pomocí kabelů viz (Obr. 2-10).



Obr. 2-10 Přenos dat kabelem [12]



Druhou možností je bezdrátový přenos dat pomocí technologie Bluetooth mezi přístrojem a zobrazovací jednotkou viz (Obr. 2-11). Zobrazovací jednotka je připojena k PC. [12]



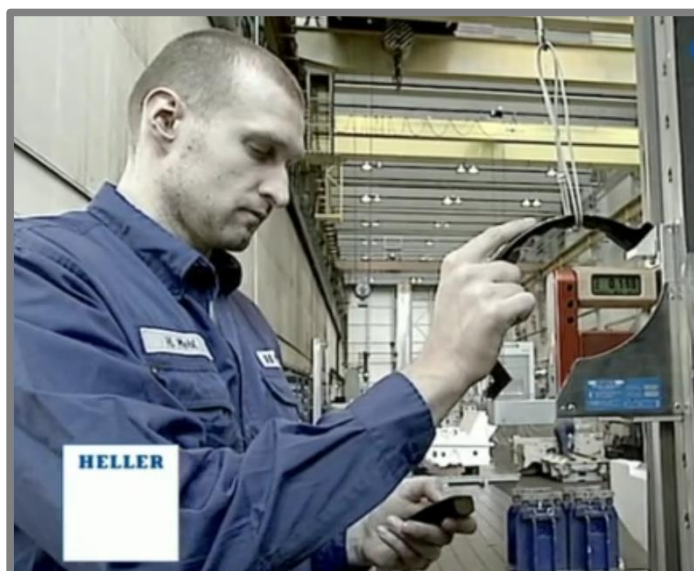
Obr. 2-11 Bezdrátový přenos dat [12]

Veškerá data jsou ukládána v programech, kde lze také výsledky vyhodnocovat a porovnávat. Výrobce Wyler dodává kompletní software pro sběr a zpracování dat.

### 2.2.5 Podpurný zajišťovací systém

2.2.5

Při měření vertikálních ploch nebo rotačních těles je důležité zajistit přístroj proti pádu. Magnety na přístroji nejsou vždy hlavním nosným prvkem a je doporučováno přístroj zajistit i externě jiným způsobem, např. podpurným zajišťovacím závěsem viz (Obr. 2-12). [13]



Obr. 2-12 Měření svislé plochy [16]

## 3 ANALÝZA PROBLÉMU A CÍL PRÁCE

### 3.1 Analýza problému

Elektronické libely jsou v současné době z technického hlediska vyvinuty velmi dobře a účelově, ale vykazují mnoho problémů v ostatních oblastech. Starší přístroje si zachovávají svůj původní design, který neodpovídá dnešním estetickým požadavkům. Novější přístroje také svým designem na první pohled nezaujmu, vnější stránku vyvíjí hlavně konstruktéři s ohledem na vnitřní uspořádání a celkový vizuální dojem a charakter libely neřeší. Hlavním důvodem minimálního vývoje designu těchto přístrojů je malá konkurence, která se však časem může změnit. Proto vidím v této oblasti velký potenciál pro zlepšení.

Dalším problémem je ergonomie. Manipulace a přenos přístrojů v obtížných podmínkách pro měření je nekomfortní pro uživatele. Z analýzy vyplývá, že u některých přístrojů je nevhodný přístup k ovládacím prvkům, např. umístění tlačítek na boku, kde může dojít nechtěnému zmáčknutí a nežádoucí změně nastavení při přesunu.

Na vrchní části libely se nachází ustavovací malá bublinková vodováha, která není vždy dobře čitelná, např. při měření v méně přístupných oblastech. Pro přesnost a opakovatelnost měření je toto ustavení velice důležité. Jedná se o podpůrnou vizuální kontrolu libely ve směru kolmém na měřenou rovinu. Důležité je umožnit čitelnost pomocné bublinkové vodováhy z různých míst. Další možností je umístit na pouzdro dvě bublinkové vodováhy nebo samostatnou elektronickou vodováhu, což by však znamenalo prodražení výroby.

Magnety, které mohou být implementovány do měřicí základny, na přístroji nejsou vždy hlavním nosným prvkem libely. Při měření svislých ploch a rotačních těles je tedy nutné přístroj zajistit proti pádu, např. podpůrným zajišťovacím závěsem. Při navrhování mého řešení bude tedy nutné zanechat prostor pro uchycení.

### 3.2 Cíl práce

Cílem mé práce je navrhnout tvarově optimální a kompaktní přístroj, který bude respektovat technické, ergonomické a estetické parametry. Tvar by měl vycházet hlavně z funkce přístroje a jeho použití. Stěžejní je manipulace v prostoru s dobrou čitelností displeje a podpůrné bublinkové vodováhy. Displej by měl být nejlépe otočný s přepínáním, aby hodnoty nebyly převrácené. Rukojeť by měla být ergonomická a snadno uchopitelná. Rozměry libely budou respektovat vnitřní uspořádání a zároveň umožňovat komfortní uchopení.

Přenos dat do externí zobrazovací jednotky bude zajištěn pomocí bezdrátové technologie Bluetooth. Ovládací tlačítka by měla být jednoznačná a snadno rozpoznatelná jak na libele, tak i na zobrazovací jednotce. Jednotka by měla být vždy ustavena do viditelné polohy. Na pouzdro zařízení bude implementován stojánek a magnety pro připnutí na konstrukci. Infra ovladač pro přenos dat by měl mít očko na



zavěšení, např. kolem krku, z důvodu pohodlného přenosu ve špatně dostupných místech.

Standartně se nabízí dvě elektronické libely společně s dalším vybavením (zobrazovací jednotka, infra ovladač), které stojí cca 640 000 Kč. Cenová hladina samostatných libel se pohybuje podle přesnosti od několik tisíc po několik stovek tisíc korun.

Cílovou skupinou jsou metrologové a zaměstnanci strojírenských a energetických firem. Předpokládá se použití v laboratořích a dílnách, zároveň by mělo být umožněno měření také v terénu (např. zaručením určitého stupně krytí IP, které poskytuje ochranu před vniknutím cizích částic včetně prachu a kapalin) [15]. Základními materiály přístroje budou kov a plast.

## 4 VARIANTNÍ STUDIE DESIGNU

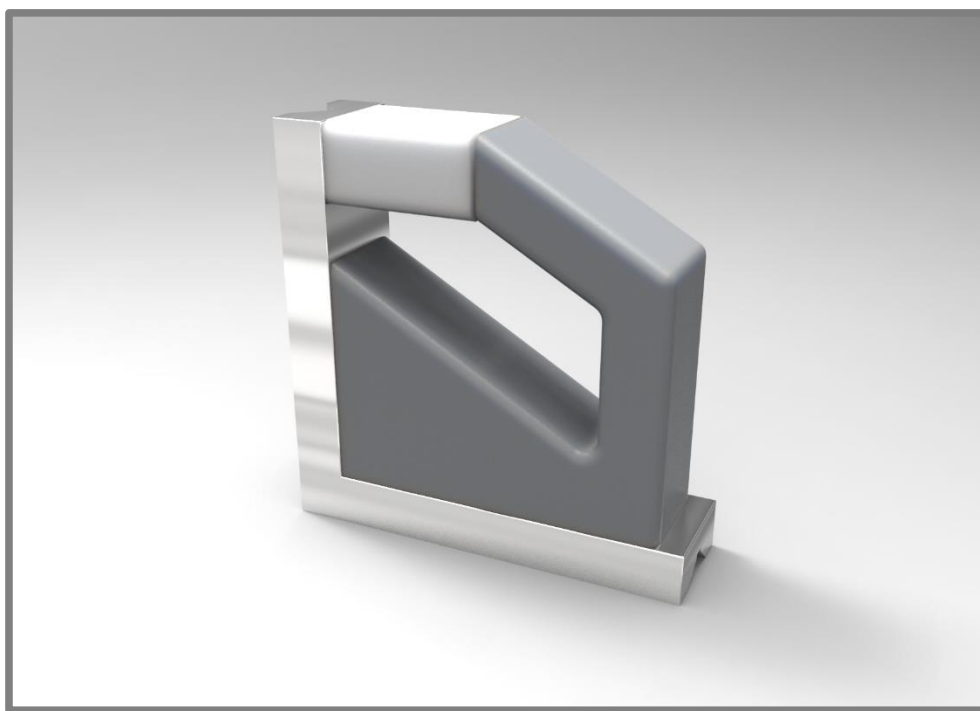
---

Následující variantní návrhy vychází z vnitřního uspořádání, které bylo popsáno v technické analýze. Všechny varianty disponují otočným displejem umístěným na vrchní části libely kvůli dobré čitelnosti při různých způsobech měření. Stejný je u všech návrhů také typ měřicí základny, který je zvolen jako univerzální. S touto měřicí základnou se dají měřit svislé i horizontální plochy a díky prizmatu menší rotační tělesa.

### 4.1 Varianta č. 1

---

První varianta vychází z geometrického tvarování. Základem je čtverec, který je v jednom rohu zkosený kvůli úchopu. Inspirací pro tvorbu tohoto návrhu byl sklon, který naznačuje samotný účel přístroje. Úhel náklonu u madla je  $30^\circ$ , stejně jako u pouzdra snímače, což zvyšuje vyváženost a estetičnost návrhu. Rovné linie dobře korespondují s měřicí základnou a tvoří nepravidelný pětiúhelník. Sklon doprava je zvolen logicky, protože harmonizuje s těžištěm přístroje. Ve spodní části pouzdra se nachází dostatečný prostor pro vnitřní komponenty. Madlo ovšem v této podobě není ergonomicky optimální a bylo by potřeba jeho délku prodloužit pro pohodlné uchopení všech uživatelů.



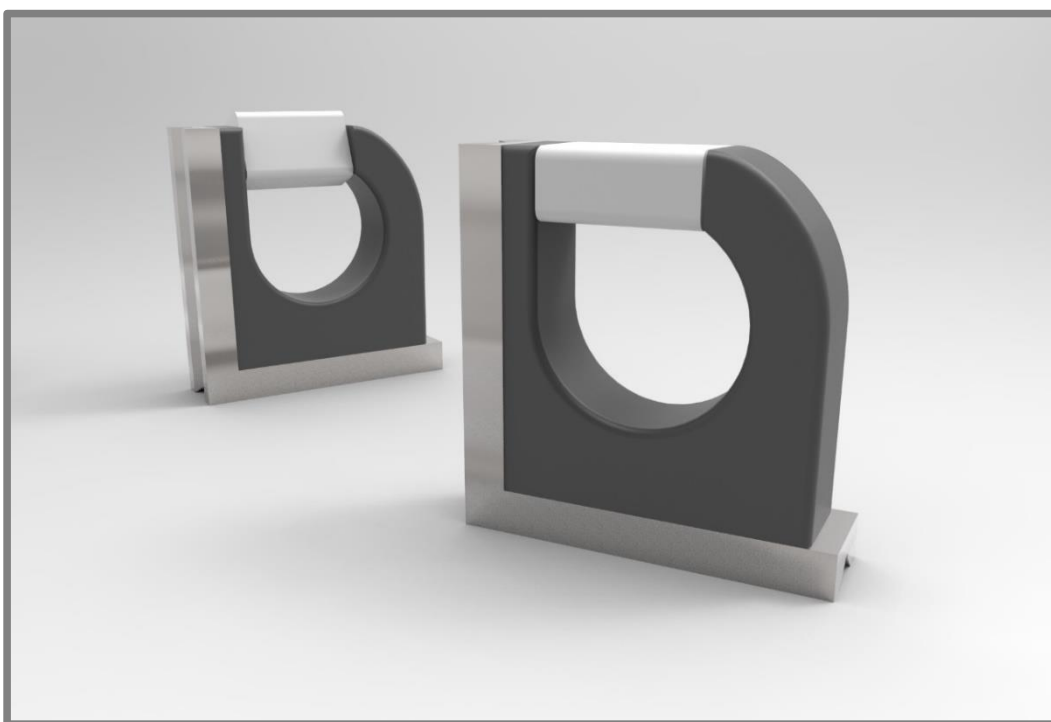
Obr. 4-1 Varianta 1

## 4.2 Varianta č. 2

4.2

---

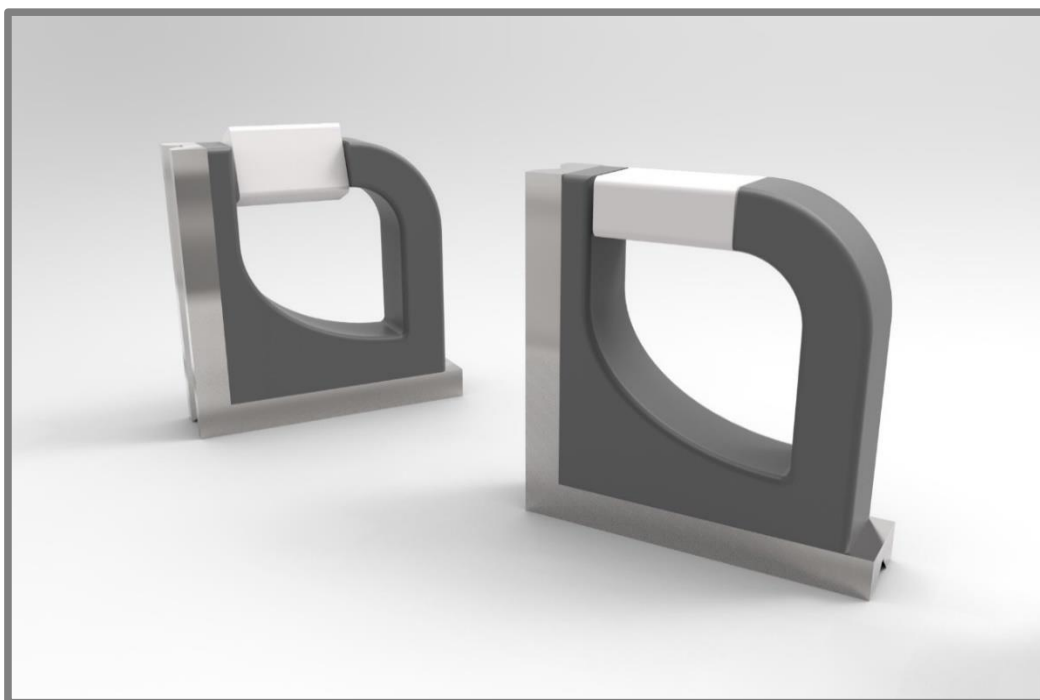
Druhé variantní řešení vychází z kombinace geometrického a volného tvarování. Vnitřní prostor tvoří kruh, který díky svému oříznutí připomíná nakloněnou kapku. Vnější linie madla se postupně mění z oblé na rovnou, což způsobuje mírné rozšíření úchopové části. Madlo je v této variantě díky svému zaoblení ergonomičtější a nabízí větší oporu pro držení. Celkové tvarování je orientováno na výšku. Návrh je velmi minimalistický a svým konceptem nenarušuje povahu přístroje. Pouzdro je zde menší, ale z technického hlediska je stále dostačující. V případě této varianty se předpokládá využití vnitřního prostoru madla. Otočná část přístroje je o něco delší a nabízí možnost implementování většího displeje. Z estetického hlediska je podle mého názoru toto variantní řešení velmi decentní a střídme.



Obr. 4-2 Varianta 2

### 4.3 Varianta č. 3

Ve třetí variantě jsem se pokusila o jemnější a estetičtější tvarování. Použity jsou zaoblené linie, které sympaticky kontrastují s rovnou měřicí základnou. Návrh má dostatečný prostor pro vnitřní komponenty. Ve vrchní části je madlo zaoblené a ve spodní části rovné. Umožňuje tak různé druhy úchopů. U tohoto návrhu je pouzdro s otočnou částí ucelené, vrchní plocha měřicí základny je nám skrytá. Dochází tak k logickému optickému rozdělení přístroje na samostatné celky. Tvar díky tomu působí kompaktněji a příjemněji. Nedostatkem tohoto řešení je vnitřní prostor pro držení, který je až příliš velký a může způsobovat nedostatečnou oporu pro ruce při manipulaci s přístrojem.



Obr. 4-3 Varianta 3

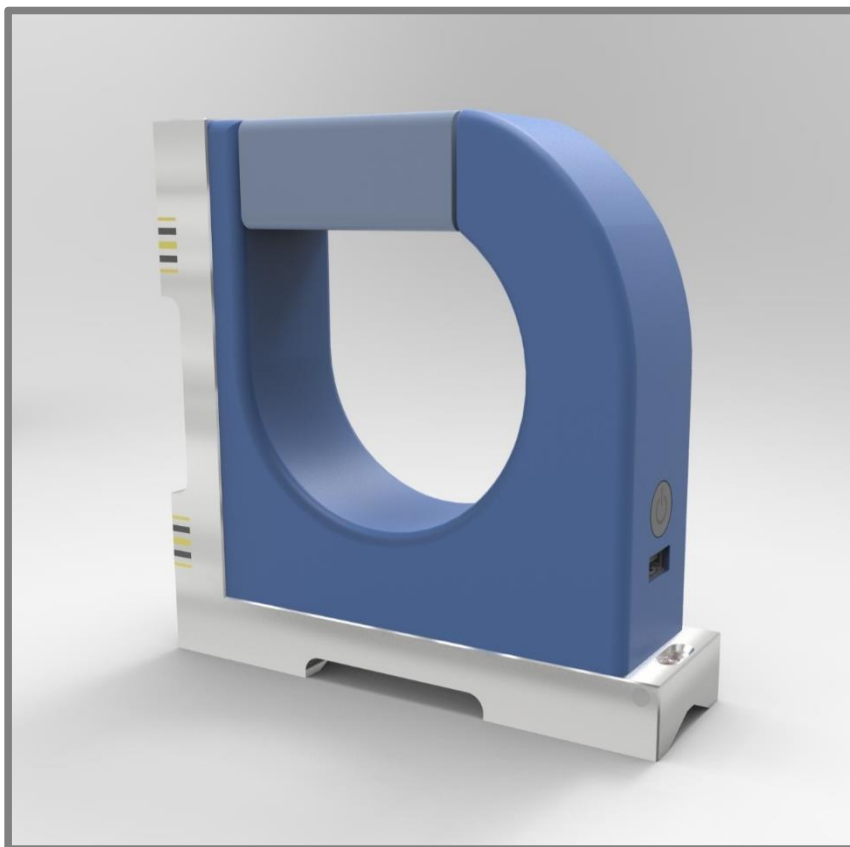
### 4.4 Shrnutí variantních návrhů

Při navrhování jsem narazila na stejný problém, který se objevuje také u stávajících libel, a tím je ergonomie. Snoubení technických parametrů, estetického tvarování a dostatečného ergonomického úchopu je poměrně složité. Samotný přístroj musí mít minimální rozměry cca (150x150x45) mm kvůli měřicí základně a vnitřním součástkám. Minimální délka úchopové části madla by měla být 100 mm. Tyto dva základní parametry je bohužel velmi těžké skloubit bez značného zvětšování přístroje. Finální návrh tak bude optimálním řešením, které nebude narušovat technické ani ergonomické parametry. Důležité je také u finálního řešení zbytečně nezvětšovat rozměry přístroje, aby se zachovala dobrá manipulace v méně přístupných místech.

## 5 TVAROVÉ ŘEŠENÍ

5

Finální řešení viz (Obr. 5-1) vychází z druhé variantní studie. Kvůli technickým, ergonomickým i tvarovým požadavkům byla tato varianta vybrána jako nejvhodnější. Celkové tvarování vychází z předního pohledu z tvaru čtverce. Upraveny jsou také poměry jednotlivých částí libely do optimálnějšího a logičtějšího řešení. Poměr výšky základny s pouzdem na levé straně a s madlem na pravé je 2:1:3.

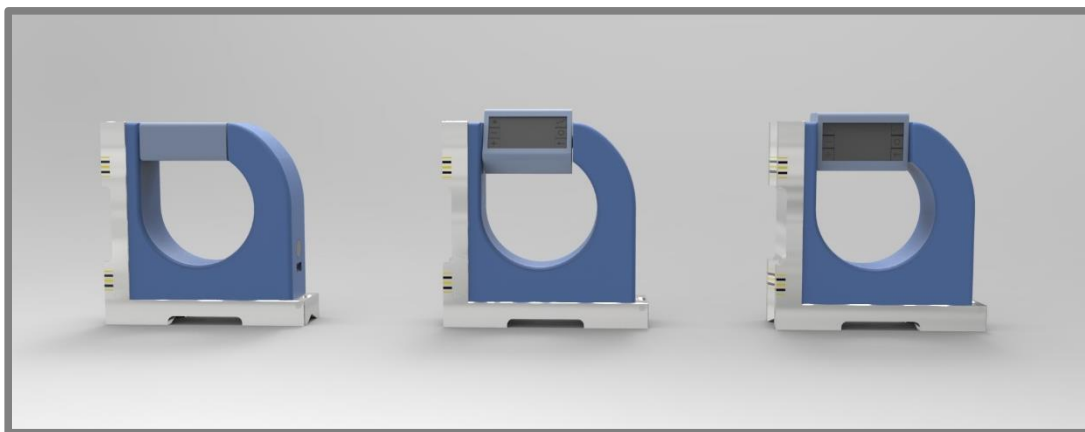


Obr. 5-1 Perspektivní pohled

Ve finální variantě je využita kombinace geometrického a volného tvarování, což dobře koresponduje s účelem přístroje. Prostor pro úchop je tvořen z kruhu, který byl následně oříznut do podoby nakloněné kapky stejně jako ve druhém variantním řešení. Samotný kruh byl využit díky své asociaci k bublině, která tvoří nejvýznamnější část klasických bublinkových vodováh. I na této elektronické libele se nachází malá podpůrná bublinková vodováha. Tvar kapky zase evokuje spojitost s vodou.

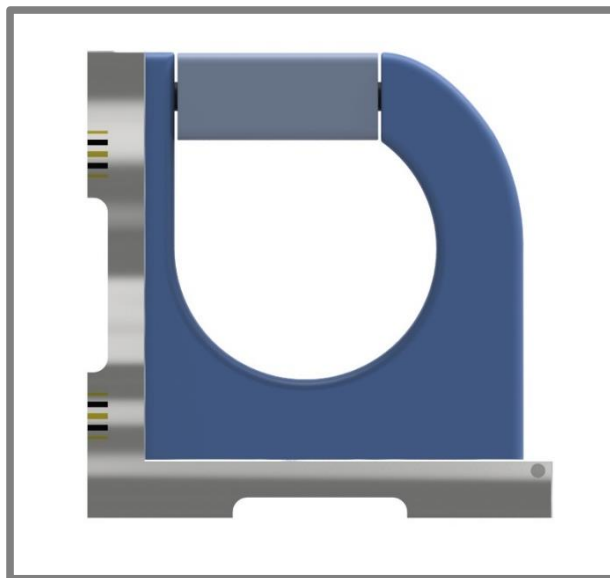
Díky hranaté základně a zaoblenému pouzdru zde dochází ke kombinování hranatých a zaoblených obrysů. Hranaté rysy více poutají pozornost. Zaoblené rysy zase působí pozitivnějším a estetičtějším dojmem, což může vytvářet kladný vztah uživatele k přístroji. Příslušnému pracovníkovi se tak s libelou pracuje lépe, než kdyby tvarování bylo nevyvážené. Estetický design také podporuje kreativní myšlení a řešení problémů, což je zvláště výhodné u tohoto typu přístroje. Metrologové při nálezů chyby v geometrii strojních částí musí pečlivě navrhnout nápravu problému s vydáním minima finančních prostředků. [17]

Displejová část vychází z kvádru se zaoblenými hranami. Pokud je tato část naležato, navazuje na úchopovou část. Díky této návaznosti tvar působí celistvě. Na obr. 5-2 jsou představeny tři základní polohy, možné je však ustavení jakékoli mezipolohy. Tlačítka se nachází ve stejné úrovni jako LED displej, což způsobuje jednodušší ovládání. Celá tato plocha je zapuštěna, čímž se zabráňuje případnému nežádoucímu sepnutí tlačítek.



Obr. 5-2 Různé typy natočení displeje

Madlo se směrem dolů kvůli kruhové vnitřní linii rozšiřuje a přímo navazuje na pouzdro vnitřních komponentů. Toto rozšíření umožňuje ergonomičtější úchop. Při manipulaci je možné prsty opřít o spodní část rozšířeného madla a dochází tak k pevnějšímu držení přístroje.



Obr. 5-3 Pohled zepředu

Hrany madla a displeje jsou zaobleny stejným poloměrem kvůli kompaktnějšímu a ucelenějšímu celkovému tvaru. Vzhledem k snadnější manipulaci s libelou je nežádoucí výrazné tvarování z boku, proto je tvar z bočního pohledu jednoduchý a symetrický viz (Obr. 5-4). Hmotové rozložení pouzdra respektuje těžiště celého přístroje. Největší hmotnost zabírá měřicí základna, proto je těžiště více vlevo. Pouzdro přístroje má tedy více prostoru na pravé straně.



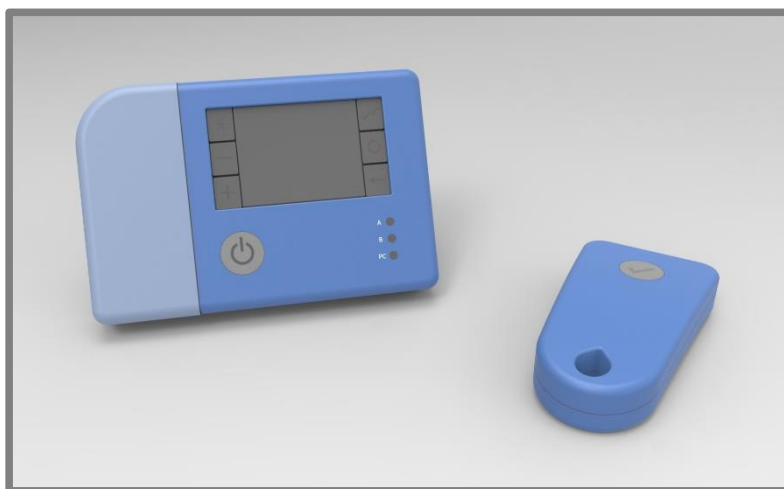
Obr. 5-4 Pohled z boku

## 5.1 Příslušenství

5.1

---

K příslušenství elektronické libely patří měřicí jednotka a infra ovladač pro přenos dat viz (Obr. 5-5). Měřicí jednotka má pouze jednoduché tvarování. Oživením tvarování jednotky je velké zaoblení v levém horním rohu. Infra ovladač má svůj tvar uzpůsoben pro dobré držení v ruce. V ovladači je vyříznut otvor tvaru kapky pro případné zavěšení a snadnější přenos.



Obr. 5-5 Příslušenství libely

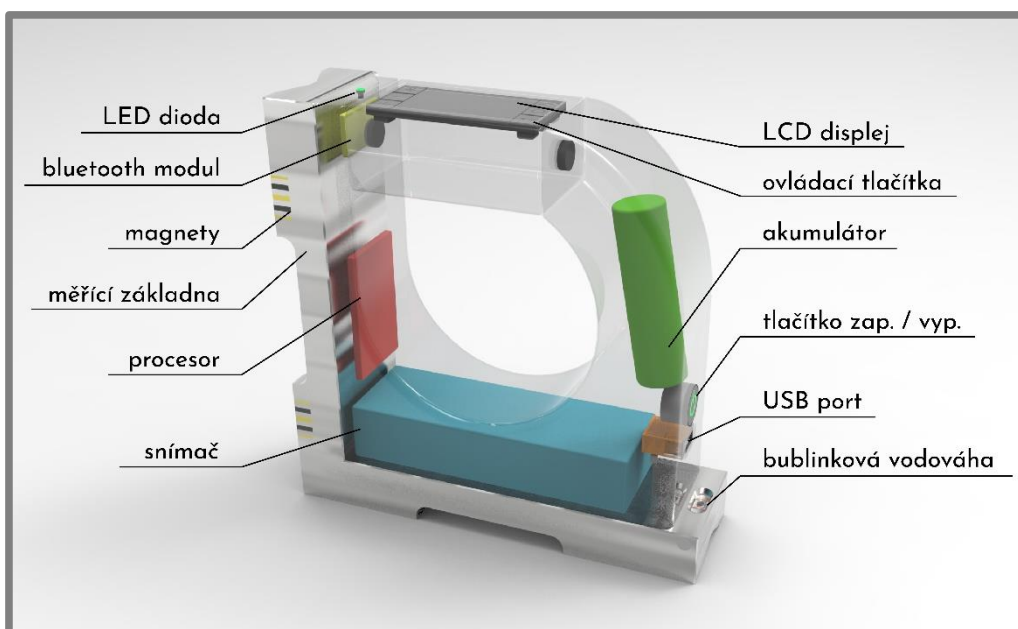
## 6 KONSTRUKČNĚ TECHNOLOGICKÉ A ERGONOMICKÉ ŘEŠENÍ

### 6.1 Konstrukčně technologické řešení

V konstrukčně technologickém řešení vycházím ze stávajících produktů. Upravuji a inovuji části a komponenty přístroje vzhledem k dnešním technologiím a materiálům. Elektronická libela podléhá normě DIN 2276, která se zabývá měřením sklonu. Přístroj je možné používat také ve venkovním prostředí díky IP 65, což je stupeň krytí zajišťující kompletní ochranu před prachem a deštěm.

#### 6.1.1 Popis přístroje

Přístroj se rozděluje na tři základní části: pevnou měřicí základnu, pouzdro obsahující veškeré komponenty včetně elektroniky a akumulátoru a otočnou část s LCD displejem a tlačíky. Na obr. 6-1 lze vidět všechny části přístroje.

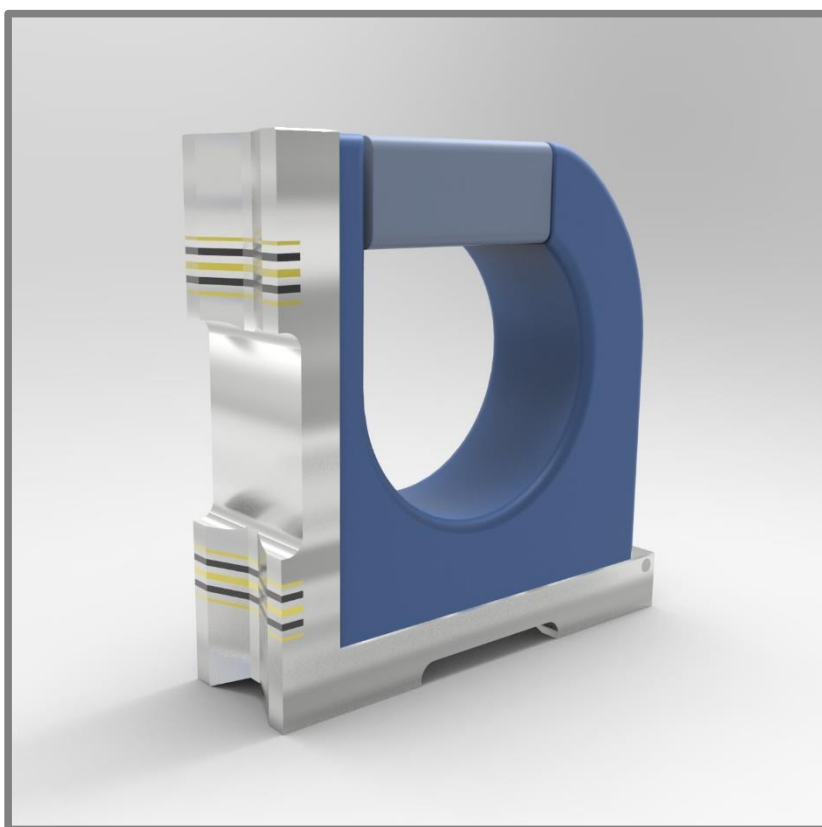


Obr. 6-1 Popis přístroje

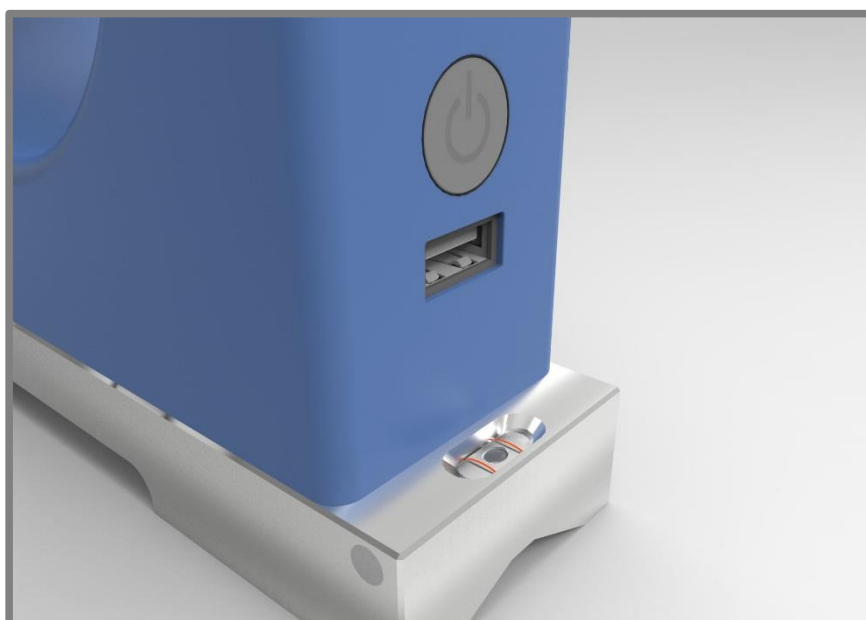
#### Měřicí základna

Ve finálním řešení je využita univerzální měřicí základna viz (Obr. 6-2), která dokáže měřit rovinnost, svislost i kolmost. Odlehčení na kontaktních plochách je z důvodu eliminace geometrických odchylek na měřené ploše nebo průměru. Základna je vyrobena z šedé litiny neboli litiny s lupínkovým grafitem. Šedá litina má schopnost tlumit vibrace a rázy, je dobře obrobitelná a odolává korozi. [18] Kontaktní plochy jsou ručně zaškrabány. Ostatní plochy jsou poniklovány, což zvyšuje odolnost proti mechanickému poškození a korozi. [19] Do svislé části jsou implementovány silné magnety. V horizontální ploše se nachází malá bublinková vodováha viz (Obr. 6-3). Z přední i vrchní části základny byl vyfrézován otvor, do kterého se tato malá vodováha vložila. Otvor byl poté utěsněn.





Obr. 6-2 Perspektivní pohled na měřicí základnu



Obr. 6-3 Detail s bublinkovou vodováhou

#### Pouzdro s madlem

Vnější plášť pouzdra je vyroben z polyethylenu technologií vstřikováním do formy. Polyethylen je pevný plast, který vyniká svými dobrými chemickými a elektroizolačními vlastnostmi. Díky tomuto materiálu jsou vnitřní komponenty dobře chráněny a izolovány od vnějšího prostředí a teplotních změn. Vnitřní konstrukce je ocelový výlisek z důvodu zachování tuhosti a pevnosti přístroje.

#### Displejová část s tlačítky

Na vrchní části libely se nachází otočný LCD displej s tlačítky, který je 1 mm zapuštěn. K překlopení údajů při otáčení dochází automaticky, stejně jako je tomu např. u mobilních telefonů.

#### Dioda

Na vrchní části libely se nachází malá LED dioda, která signalizuje připojení libely k měřicí jednotce. Při odesílání dat do počítače tato dioda problikne.

#### Vnitřní komponenty

Uvnitř pouzdra se ve spodní části nachází senzor pro snímání polohy. Senzor je naplněn plynem a vzduchotěsně uzavřen laserovým svařováním kvůli velké odolnosti. V madle se nachází lithium-iontový akumulátor (zkráceně Li-Ion) s napětím 3,6 V a kapacitou 3000 mAh viz (Obr. 6-4). Na zadní straně se nachází kryt, který slouží k přístupu a k případné výměně akumulátoru viz (Obr. 6-5). Li-Ion akumulátory jsou vhodné především díky vysokému napětí a energii. Mají nízkou hmotnost, jeden tento akumulátor váží 44 g. Disponují také dlouhou životností a nízkým samovybitím. Jsou také nezávadné pro životní prostředí, protože neobsahují rtuť, olovo nebo kadmium. [20]



Obr. 6-4 Li-Ion akumulátor [21]



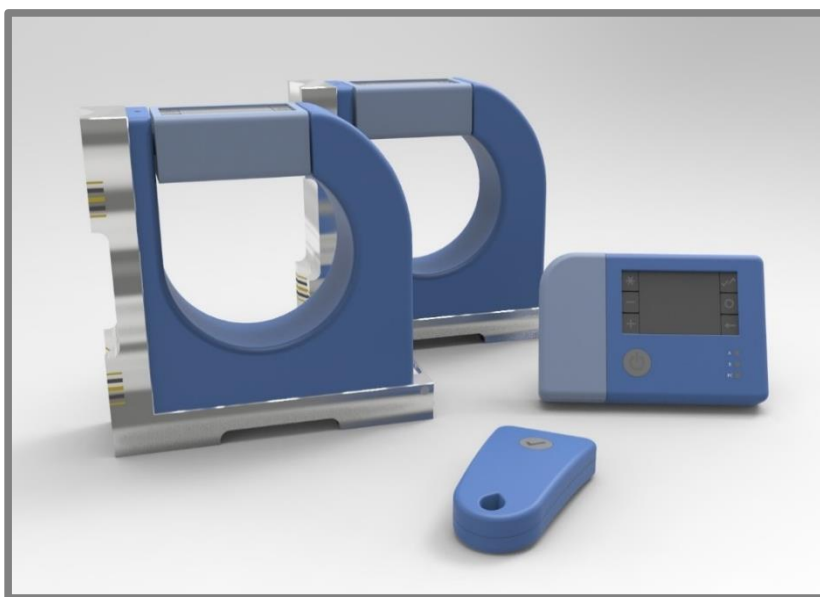
Obr. 6-5 Detail krytu pro akumulátor

Dále se zde nachází bluetooth modul pro přenos dat. Na boku můžeme najít USB port pro nabíjení akumulátoru a může sloužit také pro přenos dat v případě, že nelze použít bluetooth technologii. Pokud při měření není potřeba přenos libely do nepřístupných míst, je možné přístroj zapojit do počítače a dochází tak současně k nabíjení. Dále se zde nachází procesor, který zpracovává data ze snímače.

#### 6.1.2 Příslušenství

6.1.2

K příslušenství libely patří měřicí jednotka, ovladač pro přenos dat a kabely pro připojení k počítači a ke spojení libely s měřicí jednotkou. Na trhu se běžně prodávají technologické sady, které obsahují dvě libely, jednu měřicí jednotku a jeden ovladač viz (Obr. 6-6).



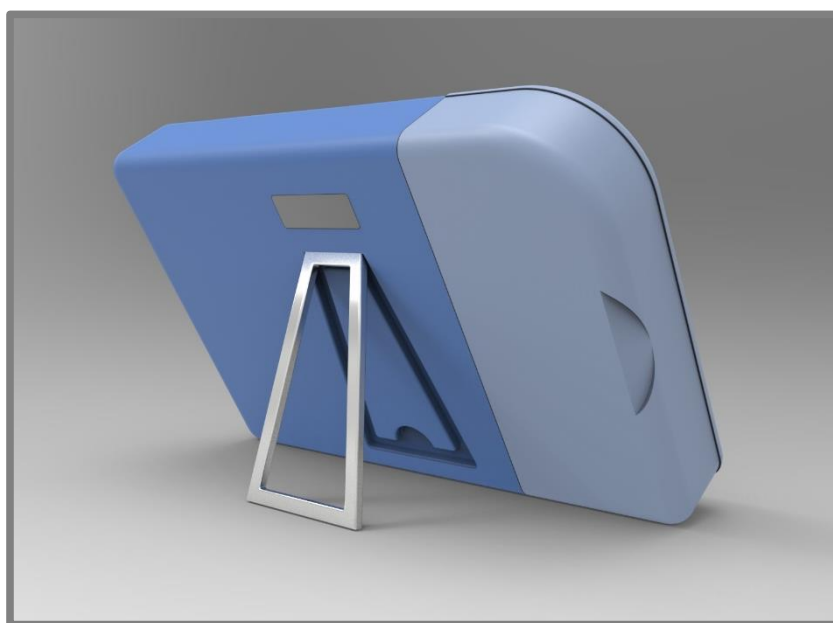
Obr. 6-6 Technologická sada

### Měřicí jednotka

Na vrchní ploše se nachází pogumovaná část pro případné držení v ruce, tlačítko pro zapnutí a vypnutí, zapuštěný LCD displej s tlačítky a tři LED diody viz (Obr. 6-7). Dvě diody slouží pro signalizaci připojení libel k měřicí jednotce. Třetí dioda svítí při připojení na počítač a problikne v případě přenosu dat. Na boku měřicí jednotky se nachází tři USB porty. Dva slouží pro připojení libel v situacích, kdy nelze použít bluetooth technologii, a třetí pro připojení do počítače. Měřicí jednotka může být taktéž zapojena do počítače a přímo odesílat data do příslušného softwaru. Pokud je nutné s měřicí jednotkou manipulovat či pracovat mimo počítač, nachází se uvnitř Li-Ion akumulátor. Na zadní straně se nachází stojánek a magnet pro případné připnutí na konstrukci viz (Obr. 6-8).



Obr. 6-7 Měřicí jednotka v perspektivním pohledu



Obr. 6-8 Měřicí jednotka zezadu

#### Ovladač pro přenos dat

Velikost ovladače je přizpůsobena pro komfortní držení. Jedná se o jednoduché příslušenství, které má pouze jednu funkci, a to přenos dat, který je uskutečňován pomocí bluetooth technologie. Slouží především metrologům, kteří měří v nepřístupných místech. Napájení je zajištěno dvěma klasickými alkalickými bateriemi typu AA.



Obr. 6-9 Ovladač pro přenos dat v perspektivním pohledu

#### 6.1.3 Použité materiály

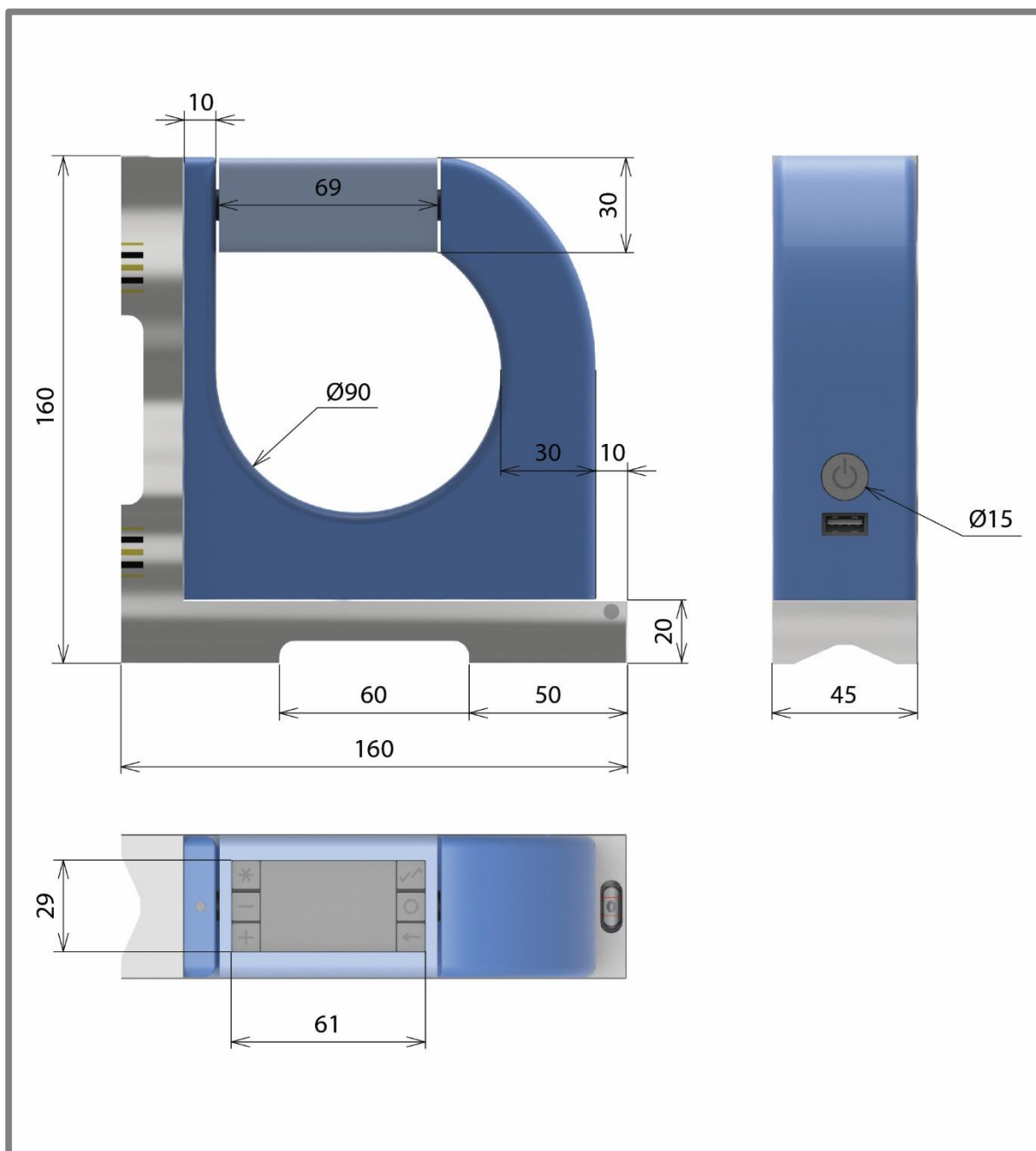
Měřicí základna libely je vyrobena z šedé litiny, která se vyznačuje svou schopností odolávat vibracím a rázům. Konstrukce pouzdra je vyrobena z ocelového výlisku kvůli pevnosti přístroje. Vnější plášť pouzdra je vyroben z polyethylenu, který chrání a izoluje vnitřní komponenty. Pouzdra měřící jednotky a ovladače jsou také vyrobena z polyethylenu.

6.1.3

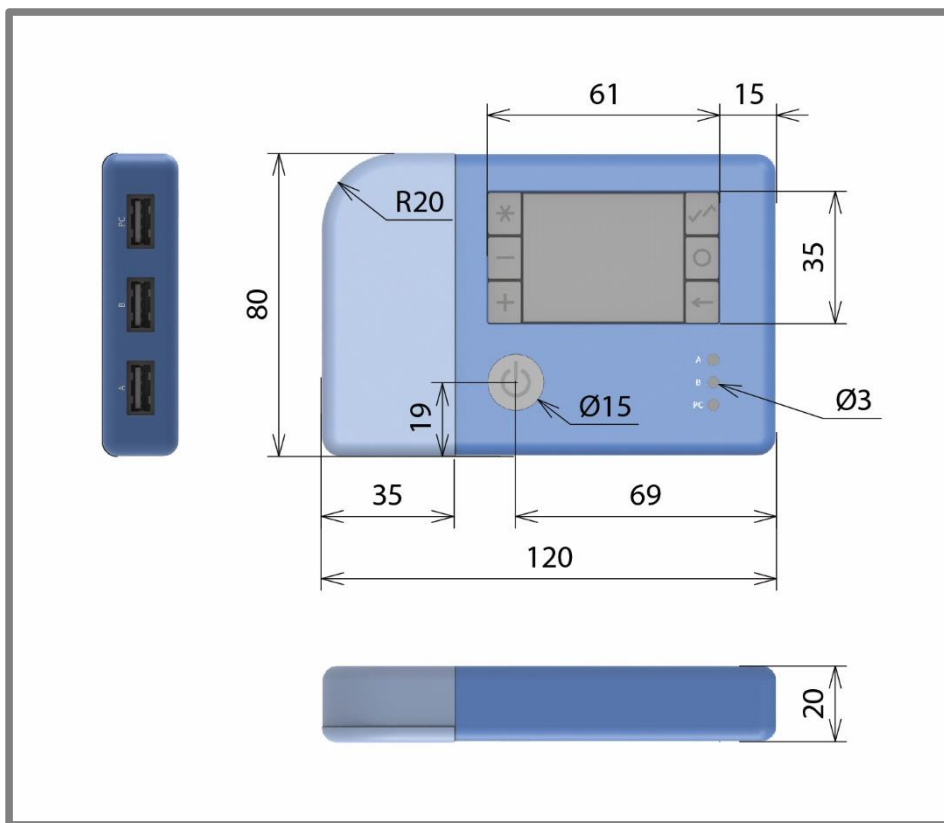
---

## 6.2 Rozměrové řešení

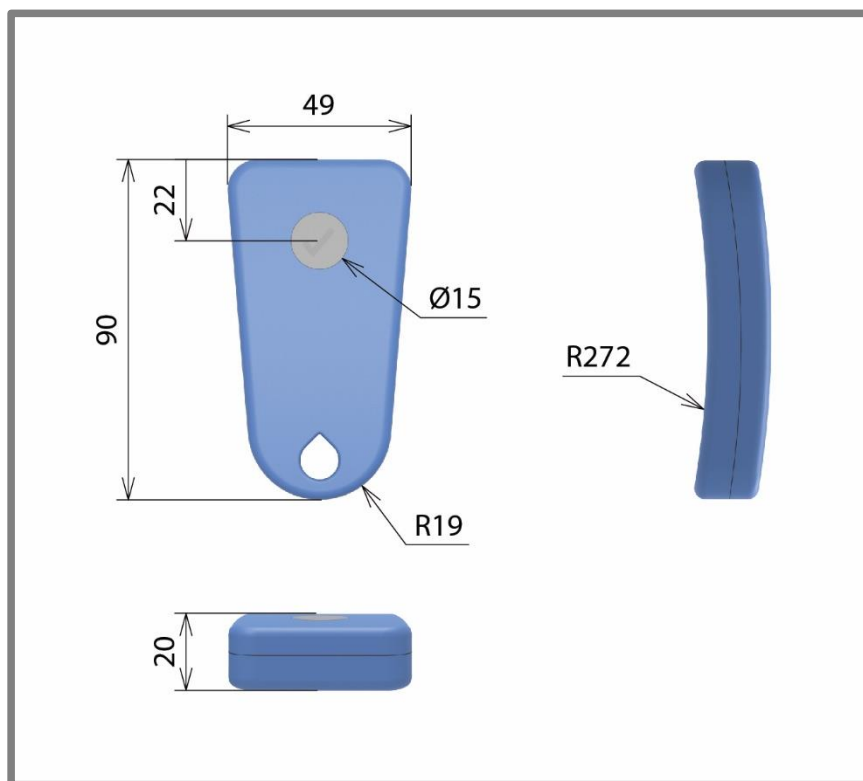
Celkové rozměrové řešení viz (Obr. 6-10, obr. 6-11, obr. 6-12) vychází z technických a ergonomických požadavků. Výkresy jsou vyobrazeny v měřítku 1:2.



Obr. 6-10 Rozměrové řešení libely



Obr. 6-11 Rozměrové řešení měřicí jednotky



Obr. 6-12 Rozměrové řešení ovladače

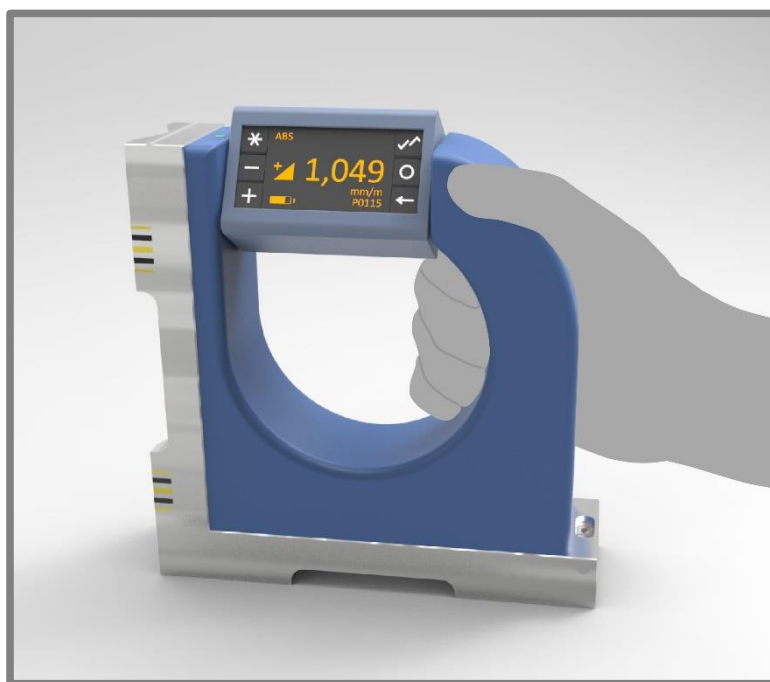
## 6.3 Ergonomické řešení

Ergonomie je důležitou součástí návrhu přístroje. Dobré ergonomické řešení umožňuje snadnou manipulaci a jednoduché ovládání. Doba používání elektronické libely je značně individuální a odvíjí se od konkrétního typu měření. Ve většině případů se přístroj v rámci jednoho měření nepřenáší. Libela se ustaví do požadované měřené polohy a následná další měření se uskutečňují posunutím přístroje bez zvednutí z podložky. Stálý kontakt s povrchem je důležitý pro přesnost výsledné hodnoty. K největší manipulaci s libelou dochází při přenosu přístroje na jiná pracoviště. Elektronická vodováha váží cca 2,8 kg, přičemž největší podíl na hmotnosti má litinová měřicí základna.

Ve vodorovné měřicí základně je umístěna malá bublinková vodováha. Její poloha vzhledem k přístroji byla zvolena z důvodů snadné čitelnosti z mnoha stran.

### 6.3.1 Pouzdro s madlem

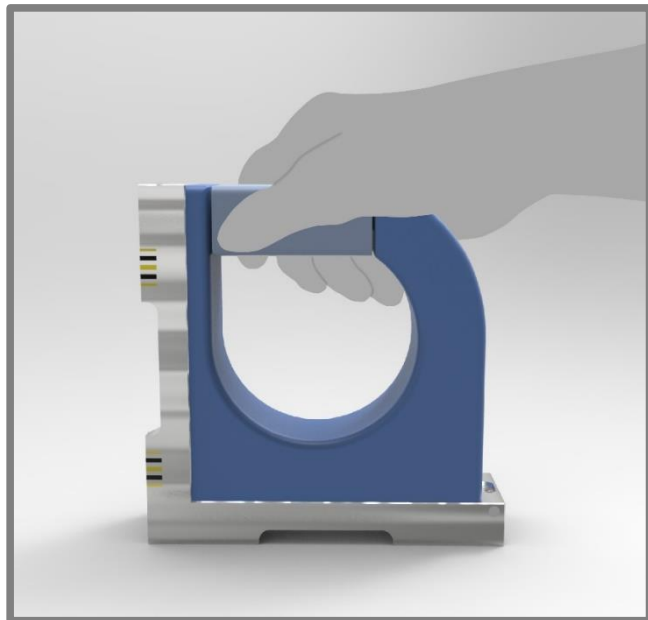
Součástí pouzdra libely je i madlo, které je tvarově přizpůsobeno pro příjemné držení. Hrany pouzdra i otočné části jsou dostatečně zaobleny, aby při manipulaci nechodázelo k nepříjemnému či dokonce bolestivému kontaktu. Jak už bylo řečeno v kapitole tvarové řešení, díky kruhové vnitřní části se madlo směrem dolů rozšiřuje a umožňuje tak opření prstů a následné bezpečné, pevné a stabilní držení viz (Obr. 6-13). Zaoblení z vnější části je z ergonomického hlediska velmi vhodné. Dovoluje více způsobů držení a zároveň se madlo hodí i pro extrémně velké a malé ruce.



Obr. 6-13 Držení libely při měření

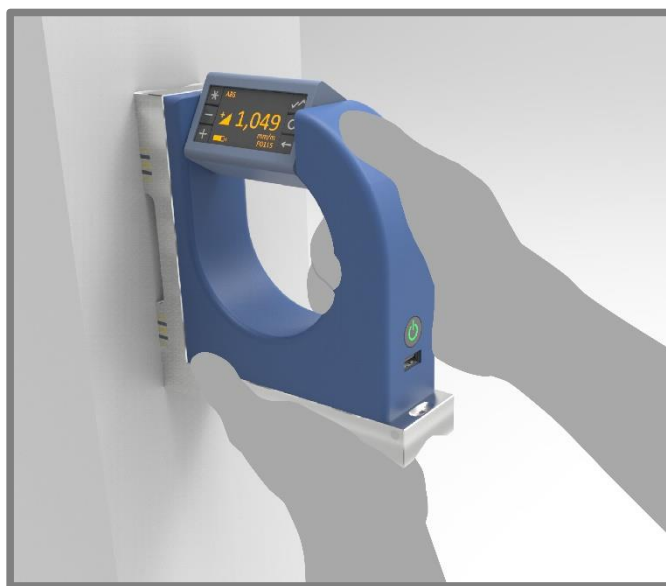


V případě přenosu je možné držet libelu i za otočnou část viz (Obr. 6-14), v tomto případě je vždy nutné přístroj nejprve vypnout, aby nedošlo k nežádoucímu sepnutí ovládacích tlačítek. Výhodou vnitřního systému libely je to, že při opětovném zapnutí zůstává stejné nastavení k měření jako při vypnutí.



Obr. 6-14 Držení libely při přenosu

Při měření svislosti je vhodné držet libelu oběma rukama viz (Obr. 6-15), přičemž jedna ruka zajišťuje libelu proti pádu. Druhá ruka provádí vyrovnaní polohy pomocí vizuální kontroly malé bublinkové vodováhy pro zajištění přesného měření. Manipulace je třeba provádět efektivně s ohledem na přenos tepla z ruky na kov



Obr. 6-15 Držení libely při ustavování pro měření svislosti

základny, proto je doporučováno při tomto měření mít nasazenou textilní rukavici. Po vyrovnaní je libela přichycena ke svislé ploše měřeného objektu pomocí magnetů.

V případně potřeby zajištění libely proti pádu, je možné použít externího přidržného systému (např. pružným lanem), který lze uchytit přes otvor madla.

Madlo je vyrobeno z plastu, což umožňuje snadnou čistitelnost. Na boku pouzdra se nachází tlačítko pro zapnutí a vypnutí s podsvíceným symbolem, který signalizuje zapnutí libely. USB port se nachází pod tlačítkem, aby v případě zapojení do počítače nezavazely při manipulaci s přístrojem kabely.

### 6.3.2 Displej s tlačítky

Přístroj je ovládán pomocí displeje s tlačítky viz (Obr. 6-16), který se nachází na otočné části libely. Na displeji je použit typ písma, který je snadno čitelný. Velikost údajů je odvozena od jejich důležitosti. Nejdůležitější je samotná hodnota, ostatní údaje (jednotky, typ měření, typ libely) jsou zobrazeny menším písmem. Použitý symbol trojúhelníku pro znázornění plusové nebo minusové polohy uživateli vizuálně ukazuje, o jaký sklon se jedná, usnadňuje a urychluje následné vyhodnocování. Na displeji se také zobrazuje míra vybití baterie. Tlačítko se nachází ve stejné úrovni jako displej. Na každém tlačítku je zobrazen jednoduchý symbol, který je kvůli čitelnosti podsvícený. Symboly byly vytvořeny tak, aby při otočení displeje bylo stále zjevné jejich použití.



Obr. 6-16 Displej s tlačítky

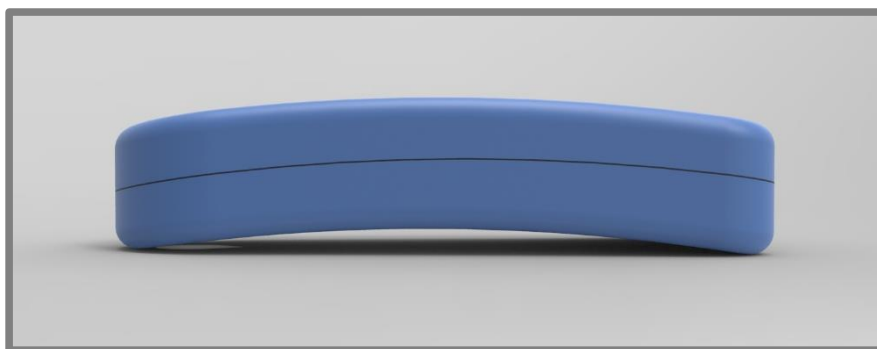
### 6.3.3 Dioda

Vedle otočné části se nachází malá dioda, která díky své bezprostřední blízkosti s displejem slouží jako rychlý vizuální signál. Dioda má průměr 3 mm, což je optimální velikost vzhledem k údajům, které signalizuje. Dioda svítí v případě připojení na měřicí jednotku a problikne 1 s při odesílání dat.

#### 6.3.4 Příslušenství

Měřicí jednotka má v levé části pogumování, které slouží k pevnějšímu úchopu ve stížených pracovních podmínkách (např. ve velkém vlhku, kdy je zvýšena potivost). Ve spodní části je mírně vybrán materiál pro snadné zvednutí z rovné podložky. Zezadu je integrován kovový stojánek, díky kterému je možné jednotku nastavit tak, aby displej byl kolmo na osu pohledu konkrétního uživatele.

Ovladač dat má tvar vhodný pro držení v ruce. Celkové tvarování je mírně prohnuté pro snadné zvednutí z podložky viz (Obr. 6-17). V ovladači je vyříznut tvar kapky viz (Obr. 6-18) pro možné zavěšení na poutko při přenosu. Tvar kapky je použit záměrně kvůli tvarové spojitosti s libelou.



Obr. 6-17 Ovladač z bočního pohledu



Obr. 6-18 Ovladač z perspektivního pohledu

## 7 BAREVNÉ A GRAFICKÉ ŘEŠENÍ

---

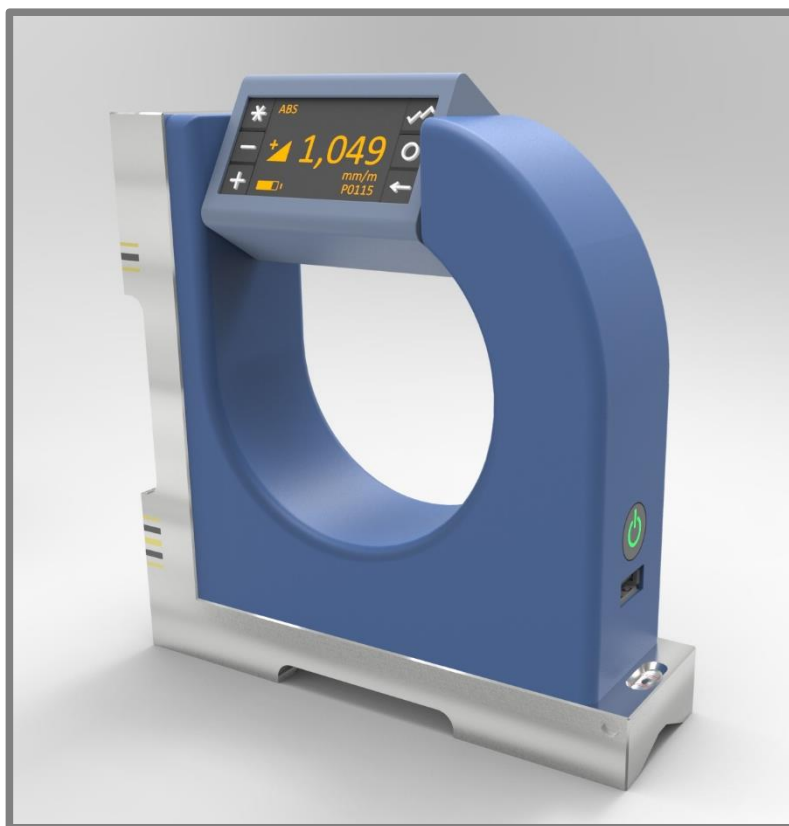
### 7.1 Barevné řešení

---

Správné uplatnění barev má velký význam z mnoha hledisek. Barevným řešením můžeme ovlivnit duševní pohodu pracovníka a tím kvalitu i výkon práce. Použité barvy by měly být voleny s ohledem na pracovní prostředí, ve kterém bude přístroj používán.

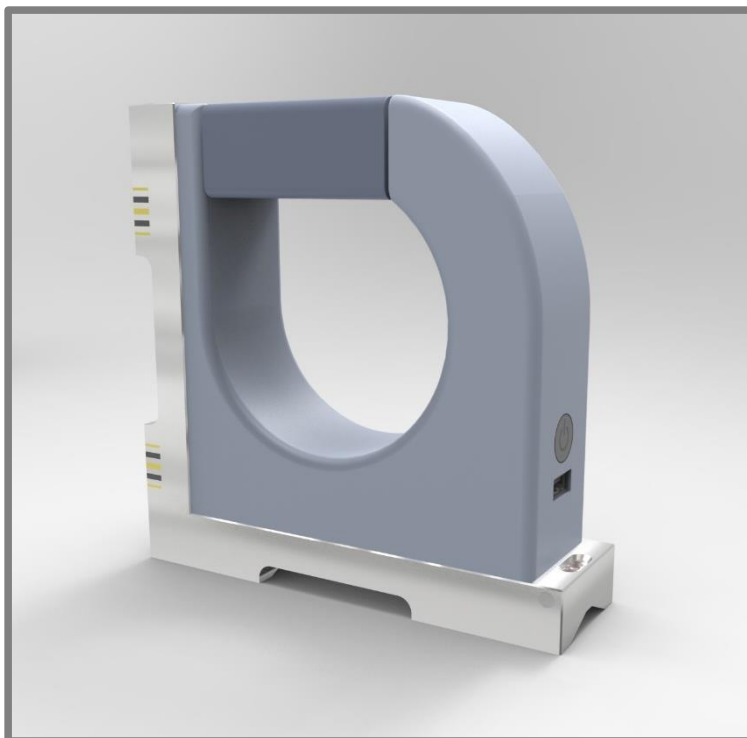
Pouzdro libely s otočnou displejovou částí má ve finálním řešení viz (Obr. 7-1) barvy laděné do modra. Modrá barva vyjadřuje koncentraci, moudrost, jistotu, vážnost a z citového hlediska připomíná vodu. Modrá barva je často využívanou barvou v průmyslovém prostředí, takže využití této barvy na elektronické libele je účelné a sympatické. Tmavě modrá barva na madle je výhodná zvláště kvůli čistotě. Drobné nečistoty se díky této barvě snadno na přístroji ztratí. Otočná část s displejem má barvu modrošedou. Tato barva je světlejší a vizuálně tak odděluje funkční části od sebe.

Údaje na displeji jsou vyobrazeny oranžovou barvou, která je komplementární k barvě modré, díky čemuž vzniká dynamičtější vzhled. Oranžová barva je výrazná a upoutává pozornost. Tlačítka jsou podsvícena bíle, aby nenarušovaly celkový vzhled. Dioda společně s tlačítkem zapnutí svítí tradiční zelenou barvou.

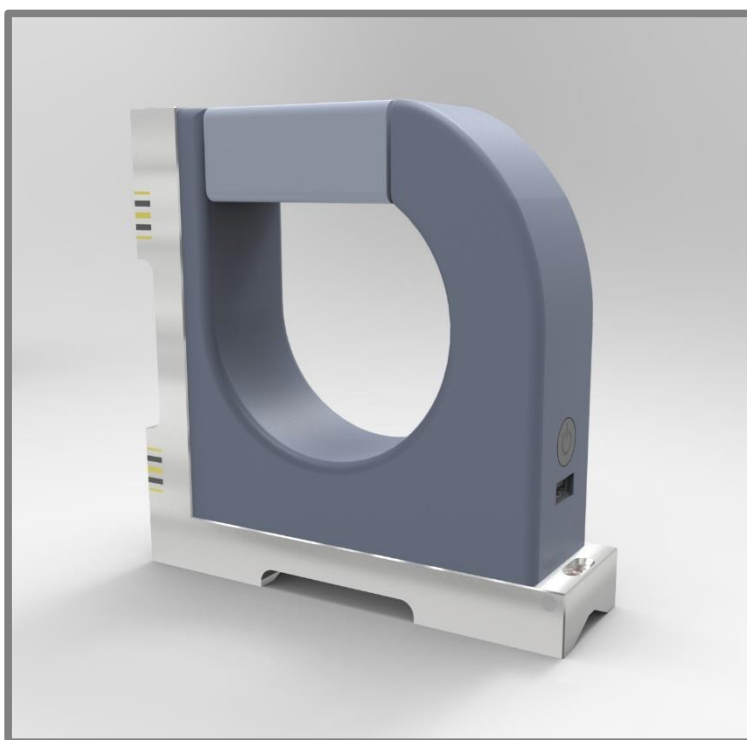


Obr. 7-1 Barevné řešení

Alternativní barevné varianty jsou umírněnější než hlavní barevné řešení. Opět se jedná o odstíny modrošedé barvy, která se hodí do průmyslového prostředí.



**Obr. 7-2** Barevná varianta č. 1



**Obr. 7-3** Barevná varianta č. 2

## 7.2 Grafické řešení

Z důvodu nutného otáčení s displejem bylo nezbytné vytvořit na tlačítkách symboly, které si zachovávají svůj význam i v převrácené podobě viz (Obr. 7-4). Hvězdička znázorňuje menu, ve kterém je možno zvolit typ měření, jednotky nebo také připojení libely k měřicí jednotce. Tlačítka se symboly minus a plus slouží k přepínání mezi jednotlivými položkami v menu. Znak “fajfky” slouží k potvrzení. Zmáčknutím kruhu zamrzne měřená hodnota. Symbol šipky posílá hodnotu do počítače.



Obr. 7-4 Otočný displej – pozice základní a převrácená

Na displeji se nachází trojúhelník se symbolem plus nebo minus, který označuje sklon měření. Vedle něj je největším písmem zobrazena měřená hodnota. Pod ní jsou logicky zobrazeny jednotky. Ve spodní části displeje se nachází ukazatel baterie a přesný typ libely. Nahoře je uvedena zkratka zvoleného způsobu měření (ABS pro absolutní, REL pro relativní).

### 7.2.1 Technologická sada

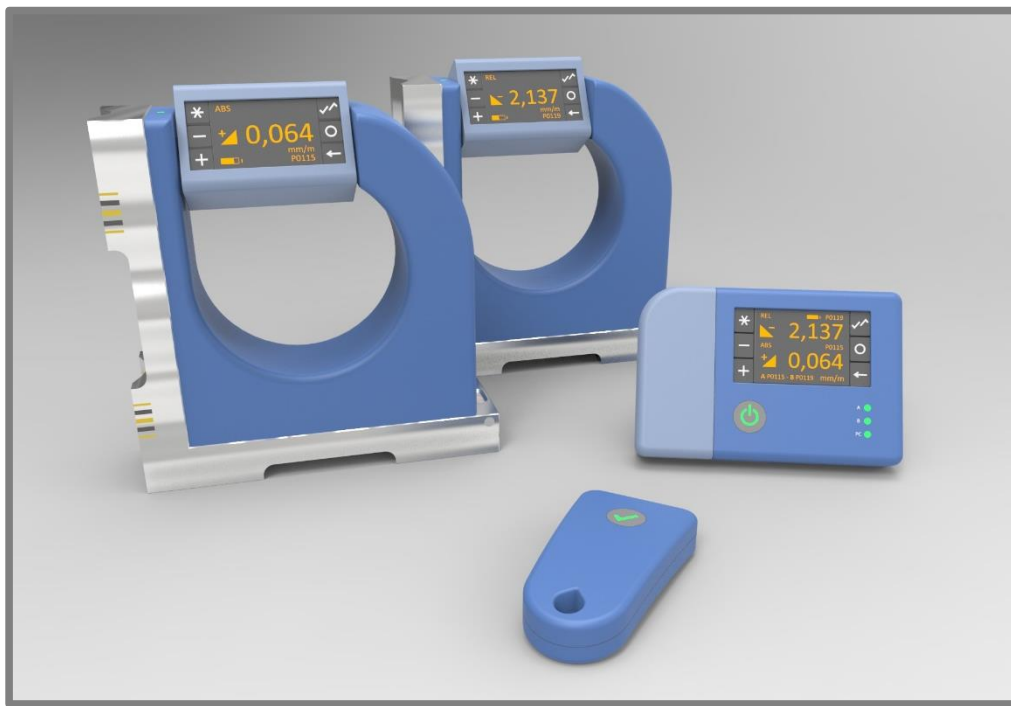
Jak už bylo řečeno v předchozích kapitolách, součástí technologické sady jsou dvě libely, měřicí jednotka a infra ovladač. Měřicí jednotka viz (Obr. 7-5) při připojení



Obr. 7-5 Měřicí jednotka v zapnutém stavu

obou libel na svém displeji zobrazuje jejich hodnoty, typ měření i jejich konkrétní označení. Na displeji nahoře se také nachází indikátor nabití baterie jednotky.

Na obr. 7-6 můžete vidět celou technologickou sadu v zapnutém stavu.



Obr. 7-6 Technologická sada v zapnutém stavu

### 7.2.2 Logotyp

Název Libeo vychází ze samotného slova libela. Výrazným prvkem loga je velké písmeno L, které znázorňuje kolmost. Písmo je zde jednoduché bezpatkové kvůli snadnému použití. Použitý font je základním řezem z písmové rodiny Roboto.

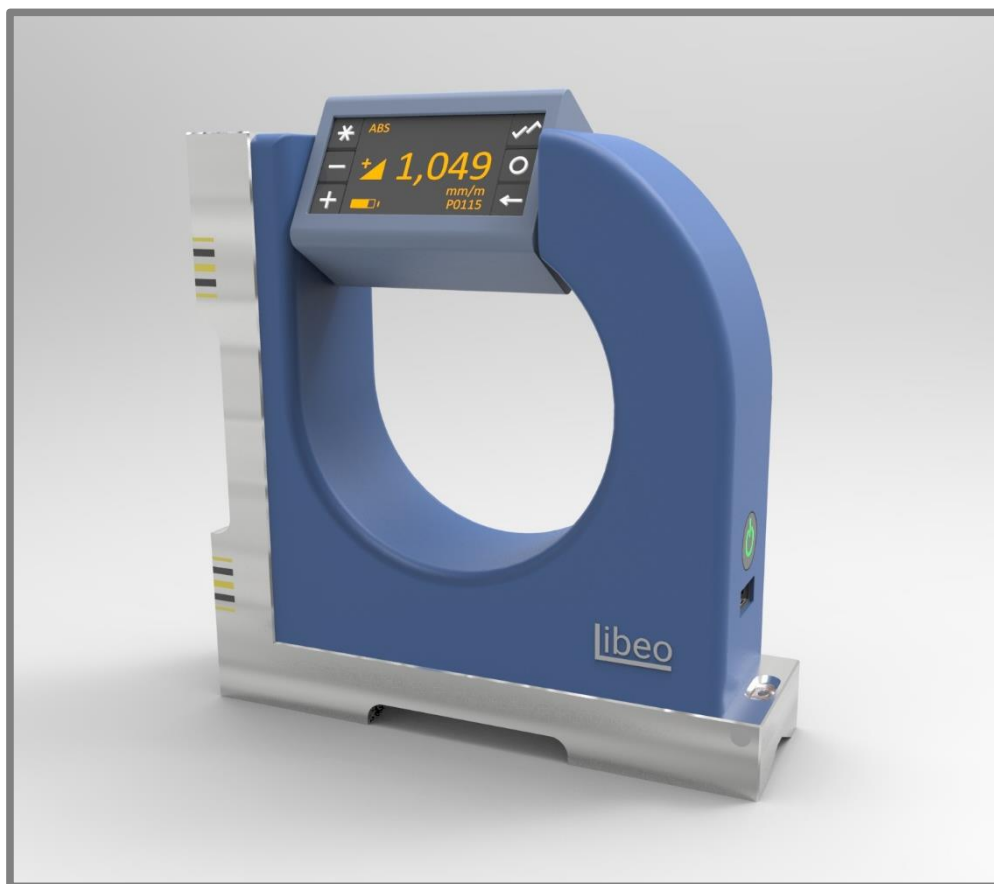
7.2.2

---



Obr. 7-7 Logo

Barva loga je šedá, což na libele působí jemným a decentním dojmem viz (Obr. 7-8). Logo tak neruší celkový koncept.



Obr. 7-8 Libela s logem



## 8 DISKUZE

**8**

---

### 8.1 Psychologická funkce

8.1

---

Elektronická libela je přístroj používaný především v průmyslovém prostředí. Použité tvarování, které je vhodné mimo jiné z ergonomického hlediska, odráží funkci libely a zároveň působí pozitivním a příjemným dojmem. Kovová základna navozuje pocity stability a rovnováhy. Ovládací tlačítka jsou rozmístěna logicky podle četnosti používání, což usnadňuje pracovníkům ovládání přístroje. S libelou se metrologům bude dobře pracovat i díky své barevnosti a materiálům, které zajišťují dlouhodobou čistotu a snadnou údržbu. Libela s příslušenstvím jsou díky svým rozměrům skladné a lehce přenosné.

### 8.2 Sociální funkce

8.2

---

Elektronickou libelu s příslušenstvím budou používat technici různého věku a pohlaví. Celkový koncept je tedy zpracován pro různorodou skupinu uživatelů. Příznivá je možnost použití přístroje i v terénu ve venkovních prostorech. Z ekologického hlediska je zde pozitivní využití akumulátoru místo baterií, což samozřejmě zmenšuje dopad na životní prostředí.

### 8.3 Ekonomická funkce

8.3

---

Navrhovaný design elektronické libely se vymyká současným produktům, což je na současném trhu jistá výhoda. Oproti konkurenčním libelám se zabývá nejen technickou, ale také estetickou, ergonomickou a psychologickou funkcí designu. Předpokládaná cena technologické sady je 640 000 Kč, a to hlavně z důvodu drahého patentovaného snímače, který zajišťuje vysokou přesnost libel. Cílovou skupinou jsou metrologové a zaměstnanci strojírenských a energetických firem, které na svých strojích potřebují zajistit velmi vysokou přesnost jejich geometrie. Pro zákazníky je určitou předností využití dobíjecího akumulátoru v libele a jednotce místo baterií, které se používají v současných přístrojích. Není tak potřeba baterie dokupovat a neustále vyměňovat.

---

## 9 ZÁVĚR

Tématem mé práce byl design elektronické libely, která bude splňovat veškeré technické, ergonomické a estetické parametry. V analýze produktů jsem zjistila nedostatky současných přístrojů, na které jsem se ve finálním řešení zaměřila a následně eliminovala. Problémy dnešních produktů týkajících se estetiky a ergonomie jsem vyřešila díky tvarování i použité barevnosti.

Madlo se směrem dolů rozšiřuje a umožňuje tak pohodlnější držení při měření. Důležitým prvkem je otočná část s displejem a tlačítky, která zajišťuje čitelnost ze všech stran. Displej je možno ustavit do jakékoliv polohy. V poloze naležato displejová část přímo navazuje na úchopovou část, díky čemuž je tvar kompaktní. Dochází tak k snadnému přenosu i manipulaci při měření. Plocha s displejem a tlačítky je zapuštěna, čímž je zabráněno případnému nežádoucímu sepnutí tlačítek. Součástí řešení je také rozložení vnitřních komponentů, kde jsem efektivně využila prostor madla pro umístění akumulátoru. Ten jsem použila zejména kvůli vysoké životnosti a menšímu dopadu na životní prostředí oproti stávajícím bateriím. Finální řešení elektronické libely obsahuje také grafický návrh displeje a tlačítek, která jsou snadno čitelná i v převrácené podobě. Pouzdro libely a otočná část mají barvy laděné do modrých odstínů, které bývají často využívány v průmyslovém prostředí. Součástí barevného řešení i je návrh alternativních barevných variant.

Produkt by měl být schopen oslovit zákazníky na trhu díky komplexnosti řešení. Ve své práci jsem se také věnovala příslušenství libely. Měřicí jednotku jsem doplnila o stojánek a magnety. Displej a tlačítka měřicí jednotky vychází z řešení, které se nachází na libele, kvůli snadné orientaci. Ovladač má zase ve svém těle umístěný malý otvor, který slouží k zavěšení na poutko. Tvarové řešení jednotky a ovladače je jednoduché a zajišťuje dobrou manipulaci s přístroji. Celá technologická sada, která obsahuje dvě libely, měřicí jednotku a infra ovladač, je navržena v tvarovém i barevném souladu.

Závěrem mé práce je tedy design elektronické libely s kompletním příslušenstvím. Tento koncept splňuje všechny body zadání a vyhovuje po technické, ergonomické i estetické stránce.

## SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

---

- [1] History — Hultafors. *Hultafors — Hand tools with precision for professional craftsmen* [online]. Hultafors Group, ©2017 [cit. 2018-08-02]. Dostupné z: <http://www.hultafors.com/about-our-products/spirit-levels-a-higher-level/history/>
- [2] Pesanteur et Hydrostatique 3, Minéralespociences. *Bienvenue, Minéralespociences* [online]. ©2018 [cit. 2018-09-02]. Dostupné z: <http://www.mineralexposciences.fr/pesanteurethydrostatique3.html>
- [3] STABILA 17672 - Vodováha 100cm digitální (elektronická) s úchyty, Typ 196-2 electronic IP65 | STABILA. *STABILA* [online]. ©2018 [cit. 2018-06-02]. Dostupné z: [http://www.stabila.cz/stabila-17672-vodovaha-TEM-SIGMA-Precision-inclination-measuring-instrument-\(highprecision-100cm-digitalni-elektronicka-s-uchyty-typ-196-2-electronic-ip65\\_d74648.html](http://www.stabila.cz/stabila-17672-vodovaha-TEM-SIGMA-Precision-inclination-measuring-instrument-(highprecision-100cm-digitalni-elektronicka-s-uchyty-typ-196-2-electronic-ip65_d74648.html)
- [4] Rámová vodováha. *Mitutoyo* [online]. [cit. 2018-02-12]. Dostupné z: [https://shop.mitutoyo.cz/web/mitutoyo/cs\\_CZ/mitutoyo/01.05.101/R%c3%a1mov%c3%a1%20vodov%c3%a1ha/\\$catalogue/mitutoyoData/PR/960-703/index.xhtml](https://shop.mitutoyo.cz/web/mitutoyo/cs_CZ/mitutoyo/01.05.101/R%c3%a1mov%c3%a1%20vodov%c3%a1ha/$catalogue/mitutoyoData/PR/960-703/index.xhtml)
- [5] TESA Precision Spirit Levels, Square Models with Magnetic Inserts. *TESA Technology* [online]. [cit. 2018-02-12]. Dostupné z: <http://www.tesatechnology.com/en-gb/products/tesa-precision-spirit-levels-square-models-with-magnetic-inserts-p331.htm#.WoHCcedFc2wTESA>
- [6] NIVELTRONIC Electronic Levels with Analogue Display and Integrated Galvanometer. *TESA Technology* [online]. [cit. 2018-02-12]. Dostupné z: <http://www.tesatechnology.com/en-gb/products/tesa-niveltronic-electronic-levels-with-analogue-display-and-integrated-galvanometer-p325.htm?redirect=1&c=fr#.WoCL6udFc2w>
- [7] BlueSYSTEM SIGMA Precision inclination measuring instrument (highprecision inclinometer) from WYLER AG. *WYLER* [online]. ©2018 [cit. 2018-02-25]. Dostupné z: <http://www.wylerag.com/products/measuring-instruments/bluesystem-sigma-the-original/?L=0>
- [8] SEALTEC-Technology. *Wylér* [online]. ©2018 [cit. 2018-02-18]. Dostupné z: <http://www.wylerag.com/applications/technologies/sealtec-technology/?L=0>
- [9] Measuring principle analog. *Wylér* [online]. ©2018 [cit. 2018-02-18]. Dostupné z: <http://www.wylerag.com/en/applications/technologies/measuring-principle-analog/>
- [10] Measuring principle digital. *Wylér* [online]. [cit. 2018-02-18]. ©2018 Dostupné z: <http://www.wylerag.com/applications/technologies/measuring-principle-digital/?L=0>
- [11] WYLER inclination measurement • Precise. Since 1928. In: Vimeo [online]. 12.06.2015 [cit. 2018-02-18]. Dostupné z: <https://vimeo.com/130540077>. Kanál uživatele WYLER AG, Switzerland.

- [12] *Manual BlueSYSTEM SIGMA BlueLEVEL – BlueMETER SIGMA - BlueTC with WYBUS TECHNOLOGY* [online]. Switzerland [cit. 2018-02-18]. Dostupné z: [http://www.wylerag.com/fileadmin/pdf/manuel/BlueSYSTEM%20SIGMA\\_eng05.pdf](http://www.wylerag.com/fileadmin/pdf/manuel/BlueSYSTEM%20SIGMA_eng05.pdf)
- [13] Rozhovor s Bc. Janem ELIÁŠEM, technikem firmy ČEZ, a. s., Brno 18.02.2018
- [14] *Newsletter\_July\_2016* [online]. Switzerland, 2016 [cit. 2018-02-19]. Dostupné z: <http://www.wylerag.com/fileadmin/pdf/products/37-50.pdf>
- [15] Tabulka krytí IP (popis stupňů). *Elektrika.cz, portál o silnoproudé elektrotechnice, elektroinstalace, vyhlášky, schémata zapojení*. [online]. 2018 [cit. 2018-04-15]. Dostupné z: <https://elektrika.cz/data/clanky/krip030918/view>
- [16] Die WYLER AG - Das sagt die Firma Gebr. Heller Maschinenfabrik GmbH über uns. In: Vimeo [online]. 06.04.2015 [cit. 2018-03-12]. Dostupné z: <https://vimeo.com/124192298>. Kanál uživatele WYLER AG, Switzerland.
- [17] LIDWELL, William, Kritina HOLDEN a Jill BUTLER. *Univerzální principy designu: 125 způsobů jak zvýšit použitelnost a přitažlivost a ovlivnit vnímání designu*. Brno: Computer Press, 2011. ISBN 978-80-251-3540-2.
- [18] Litina | UCB TECHNOMETAL. *UCB TECHNOMETAL | litina, litinové tyče, litinové profily, prodej barevných kovů, bronz, mosaz, měď* [online]. [cit. 2018-04-26]. Dostupné z: <https://www.unibar.cz/litina>
- [19] Galvanické niklování. *Massag CZ* [online]. [cit. 2018-04-26]. Dostupné z: <http://www.massag.com/cz/produkty/povrchove-upravy/galvanicke-niklovani/>
- [20] Základní charakteristiky | Li - akumulátory | Abeceda baterií a akumulátorů. *Články, baterie a akumulátory | Abeceda baterií a akumulátorů | Abeceda baterií a akumulátorů* [online]. 2018 [cit. 2018-04-26]. Dostupné z: <http://www.battex.info/hermeticke-akumulatory/li-akumulatory/zakladni-charakteristiky>
- [21] Akumulátor lithiový US18650VTC6(LIION)SONY3,0AH30A. *GM electronic / elektronické součástky, komponenty . | GM electronic, spol. s.r.o.* [online]. 2018 [cit. 2018-05-02]. Dostupné z: <https://www.gme.cz/akumulator-lithiovy-us18650vtc6-liion-sony3-0ah30a>

## SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK, SYMBOLŮ A VELIČIN

---

mm/m	milimetr na metr
IP	international protection
LCD	liquid crystal display
V	volt
kHz	kilohertz
PC	personal computer
LED	light-emitting diode
g	gram
Kč	koruna česká
Li-Ion	lithium-iontový
mAh	miliampérhodina
USB	universal serial bus
mm	milimetr
DIN	Deutsche Industrie-Norm

## SEZNAM OBRÁZKŮ

<b>Obr. 2-1</b> Historická vodováha [2] .....	16
<b>Obr. 2-2</b> Elektronická vodováha STABILA [3] .....	17
<b>Obr. 2-3</b> Strojní rámová vodováha Mitutoyo [4] .....	17
<b>Obr. 2-4</b> Přesná úhlová vodováha TESA [5] .....	18
<b>Obr. 2-5</b> Elektronická vodováha TESA NIVELTRONIC [6] .....	18
<b>Obr. 2-6</b> BlueSYSTEM [7] .....	19
<b>Obr. 2-7</b> Schematický popis přístroje .....	21
<b>Obr. 2-8</b> Disk pro snímání polohy [11] .....	21
<b>Obr. 2-9</b> Disk s elektrodami [9] .....	22
<b>Obr. 2-10</b> Přenos dat kabelem [12] .....	22
<b>Obr. 2-11</b> Bezdrátový přenos dat [12] .....	23
<b>Obr. 2-12</b> Měření svislé plochy [16] .....	23
<b>Obr. 4-1</b> Varianta 1 .....	26
<b>Obr. 4-2</b> Varianta 2 .....	27
<b>Obr. 4-3</b> Varianta 3 .....	28
<b>Obr. 5-1</b> Perspektivní pohled .....	29
<b>Obr. 5-2</b> Různé typy natočení displeje .....	30
<b>Obr. 5-3</b> Pohled zepředu .....	30
<b>Obr. 5-4</b> Pohled z boku .....	31
<b>Obr. 5-5</b> Příslušenství libely .....	31
<b>Obr. 6-1</b> Popis přístroje .....	32
<b>Obr. 6-2</b> Perspektivní pohled na měřicí základnu .....	33
<b>Obr. 6-3</b> Detail s bublinkovou vodováhou .....	33
<b>Obr. 6-4</b> Li-Ion akumulátor [21] .....	34
<b>Obr. 6-5</b> Detail krytu pro akumulátor .....	35
<b>Obr. 6-6</b> Technologická sada .....	35
<b>Obr. 6-7</b> Měřicí jednotka v perspektivním pohledu .....	36
<b>Obr. 6-8</b> Měřicí jednotka zezadu .....	36
<b>Obr. 6-9</b> Ovladač pro přenos dat v perspektivním pohledu .....	37
<b>Obr. 6-10</b> Rozměrové řešení libely .....	38
<b>Obr. 6-11</b> Rozměrové řešení měřicí jednotky .....	39
<b>Obr. 6-12</b> Rozměrové řešení ovladače .....	39
<b>Obr. 6-13</b> Držení libely při měření .....	40
<b>Obr. 6-14</b> Držení libely při přenosu .....	41
<b>Obr. 6-15</b> Držení libely při ustavování pro měření svislosti .....	41
<b>Obr. 6-16</b> Displej s tlačítky .....	42
<b>Obr. 6-17</b> Ovladač z bočního pohledu .....	43
<b>Obr. 6-18</b> Ovladač z perspektivního pohledu .....	43
<b>Obr. 7-1</b> Barevné řešení .....	44
<b>Obr. 7-2</b> Barevná varianta č. 1 .....	45
<b>Obr. 7-3</b> Barevná varianta č. 2 .....	45
<b>Obr. 7-4</b> Otočný displej – pozice základní a převrácená .....	46
<b>Obr. 7-5</b> Měřicí jednotka v zapnutém stavu .....	46
<b>Obr. 7-6</b> Technologická sada v zapnutém stavu .....	47
<b>Obr. 7-7</b> Logo .....	47
<b>Obr. 7-8</b> Libela s logem .....	48

## SEZNAM PŘÍLOH

---

Zmenšený poster  
Fotografie modelu  
Sumarizační poster A1  
Model M 1:1





## FOTOGRAFIE MODELU

---

